

Concrete Vision 2050



2024. 2. 7.

콘크리트 비전 2050 위원회

한국콘크리트학회 특별위원회

최근 4차 산업시대를 맞이하여 기후환경의 변화에 따른 재난대비, 디지털융합기술 등 신기술의 출현, 탄소중립 등 친환경성의 요구, 인구감소 등 사회구조의 변화 등 미래의 건설환경이 급격하게 변화하고 있으며, 이에 대한 건설산업과 콘크리트산업의 적극적인 대응이 요구되고 있다.

이에 한국콘크리트학회는 콘크리트 분야의 중심적인 학술단체로서 미래건설환경에 대응하고자 건설산업의 공동 목표를 설정하고 실천방안을 마련하기 위하여 콘크리트 비전 2050 보고서를 발간하게 되었다.

이 보고서는 건설 및 콘크리트 산업의 발전 목표와 중점고려사항 등 미래건설환경에 대응하기 위한 방향성을 제시하기 위하여 작성되었으며, 구체적인 전문기술 내용은 담고 있지 않다. 이 보고서는 1편 비전, 2편 목표별 중점추진사항, 3편 한국콘크리트학회의 역할 등 3편으로 구성되어 있다. 1편에서는 미래건설환경변화와 비전, 그리고 비전을 달성하기 위한 7대 목표가 제시된다. 2편에서는 각 목표별 현황, 사회적요구, 세부목표, 중점추진사항, 추진전략이 기술된다. 3편에서는 비전 달성을 위하여 요구되는 한국콘크리트학회의 역할에 대하여 기술된다.

이 보고서가 건설산업 유관단체와 건설인들에게 미래 건설발전을 위한 참고자료로 사용되기 바라며, 이 보고서의 집필에 노력해 주신 집필자들과 학회회원들께 감사드린다.

2024. 2. 7.

콘크리트는 천연포졸란 재료를 사용했던 기원전 콘크리트 1세대를 시작으로 하여 석회석 소성공정의 포틀랜드 시멘트를 양산, 대량 보급한 콘크리트 2세대를 거쳐 발전해 왔으며, 이를 통하여 콘크리트는 수천 년간 건축물과 시설물의 축조에 필수 불가결하며 가장 경제적이고 안전한 주요 건설자재로서 인류의 문명과 경제발전에 지대한 공헌을 해왔다.

그러나 최근 4차 산업시대를 맞이하여 디지털융합기술의 요구, 기후변화로 인한 친환경과 자연재난대비에 대한 요구, 인구감소 등 사회구조의 변화 대응에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 변화에 대응하기 위해 전통적인 콘크리트의 경제적이고 안전한 역할을 넘어서 미래 사회 및 자연환경 변화에 대처할 수 있는 새로운 역할을 부여 받고 있으며, 이에 3세대 콘크리트 시대를 대비하기 위하여 다음과 같은 콘크리트 비전 2050을 선포한다.

콘크리트 비전 2050

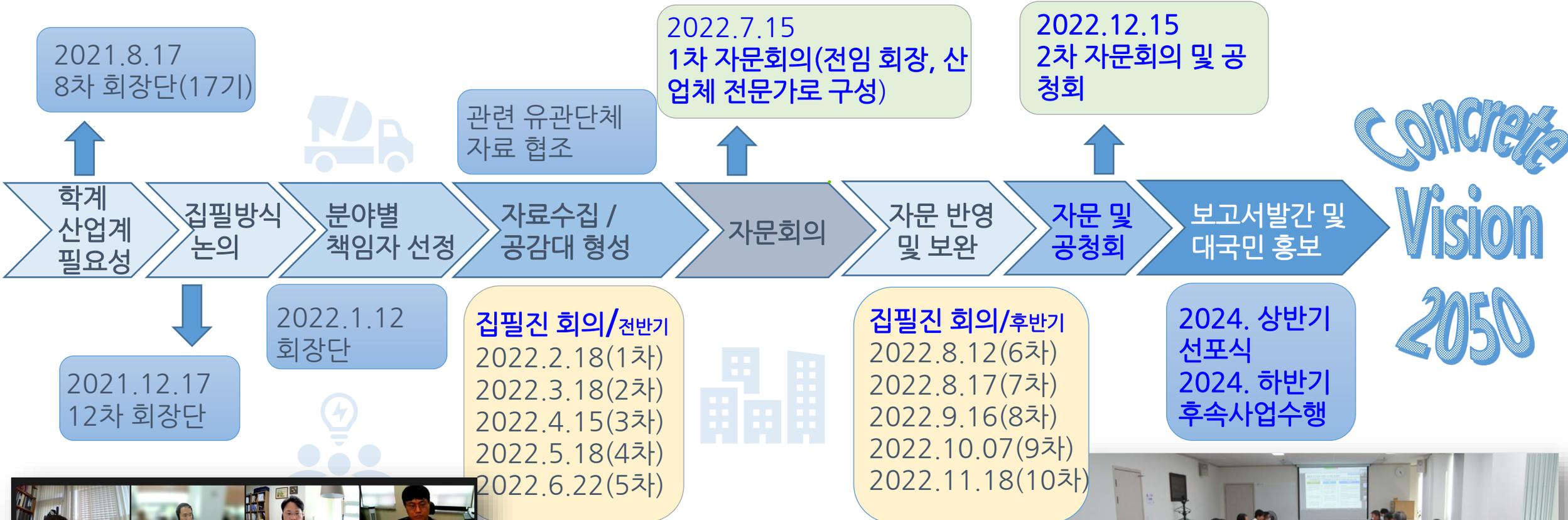
Smart, Safety, Green (SSG) Concrete Technology의 확보를 통한 스마트, 그린, 안전 사회의 구현

비전 달성을 위하여 SSG Con Tech 기반 선진화된 재료기술, 구조안전기술, 재난대비기술을 확보하며, 이를 통하여 다음의 목표를 달성한다.

1. 더 안전하고, 더 경제적이며, 더 오래 사용할 수 있는 콘크리트 구조물을 국민에게 제공한다.
1. 콘크리트 자원의 순환 및 소요 에너지 최소화를 통해 탄소중립을 선도한다.
1. 콘크리트 산업의 고부가가치 실현과 청년이 선망하는 차세대 일자리를 창출한다.

추진 경과

2022~24년 2년간 연구기간



집필진 구성

총괄: 박홍근(서울대학교 교수) 간사: 최경규(승실대학교 교수)

목표1	콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상		
책임	윤현도(충남대학교 교수)		
위원	김강수(서울시립대학교 교수) 김선우(충남대학교 교수)	김대호(한울구조 대표이사) 남정수(충남대학교 교수)	이득행(충북대학교 교수)
목표2	200년 수명 고품질 아파트 및 인프라 시설 건설		
책임	차수원(울산대학교 교수)		
위원	권승희(명지대학교 교수) 정철우(부경대학교 교수)	이방연(전남대학교 교수)	장승엽(한국교통대학교 교수)
목표3	콘크리트와 철근 사용량 20% 감축		
책임	박철우(강원대학교 교수)		
위원	고경택(한국건설기술연구원 연구위원) 심현주(현대제철 팀장)	김승원(강원대학교 교수) 양근혁(경기대학교 교수)	김장호(연세대학교 교수)
목표4	콘크리트 탄소배출량 80% 감축		
책임	김진만(공주대학교 교수)		
위원	김영진(한국콘크리트학회 연구소장) 이득행(충북대학교 교수)	남기덕(콘크리트공업협동조합연합회 이사) 김의철(시멘트신소재연구조합 센터장)	배성철(한양대학교 교수)

목표5	콘크리트 공사 재해율 40% 감축		
책임	홍성걸(서울대학교 교수)		
위원	강수민(송실대학교 교수) 김현진(서울대학교 연수연구원) 심창수(중앙대학교 교수)	김강수(서울시립대학교 교수) 김장호(연세대학교 교수) 최하진(송실대학교 교수)	김정훈(연세대학교 교수) 문주혁(서울대학교 교수)
목표6	시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상		
책임	최경규(송실대학교 교수)		
위원	김동주(세종대학교 교수) 박병선(고려대학교 교수) 장봉석(K-water연구원 수석연구원)	김현진(서울대학교 연수연구원) 박철우(강원대학교 교수)	문대호(엔브이씨 대표이사) 이도형(배재대학교 교수)
목표7	건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출		
책임	노병철(상지대학교 교수)		
위원	김재홍(한국과학기술원 교수) 최명성(단국대학교 교수)	김태훈(한국철도기술연구원 수석연구원) 표석훈(UNIST 교수)	
	한국콘크리트학회의 역할		
책임	박홍근(서울대학교 교수)		
위원	김현진(서울대학교 연수연구원)	최경규(송실대학교 교수)	

Concrete Vision 2050

Part I – 비 전

2024. 2. 7.

콘크리트 비전 2050 위원회

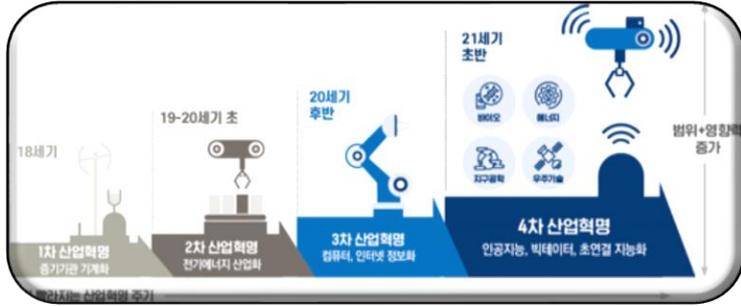
1. 미래 건설 환경

탄소중립/친환경 사회로 전환



미래 건설환경변화(5개 분야)
대처 방안 필요

디지털 융합기술
수요 증가



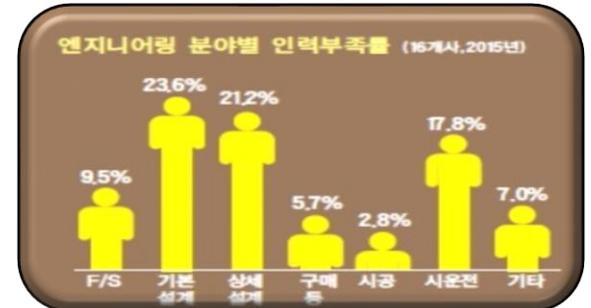
기후변화 대응 및
안전 요구 증가



고부가가치형 건설
수요 증가



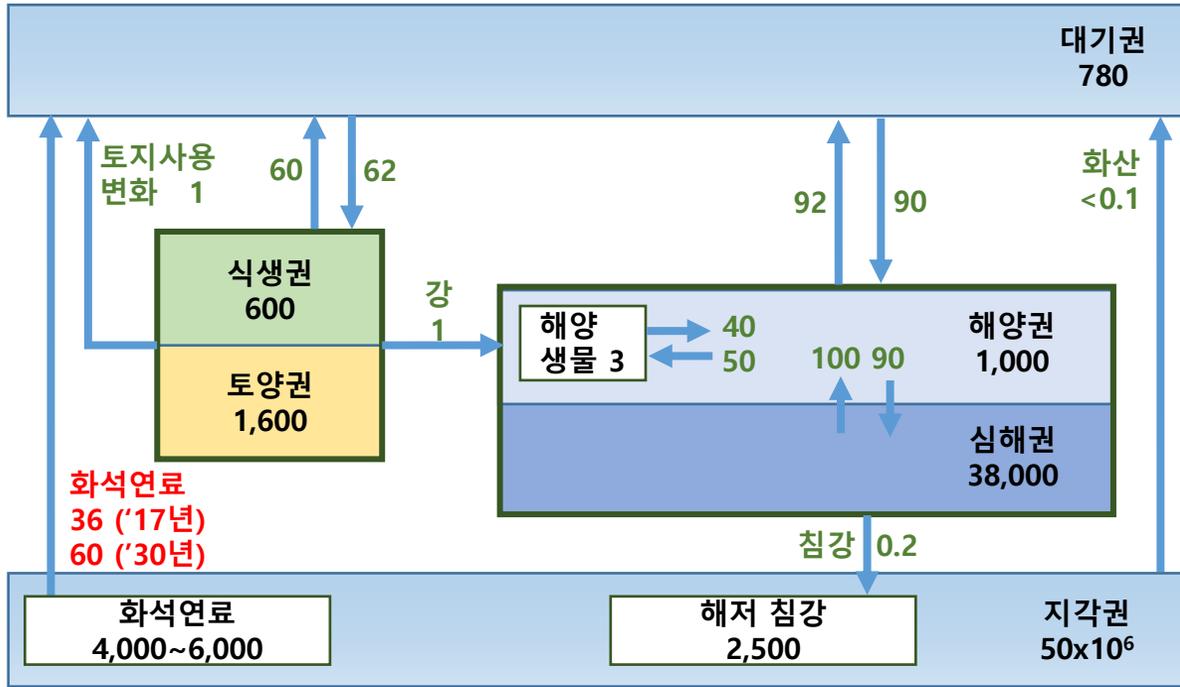
사회 인구구조 변화/
건설산업 인력 확보 난항



1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

지구탄소 순환과 인간활동의 영향



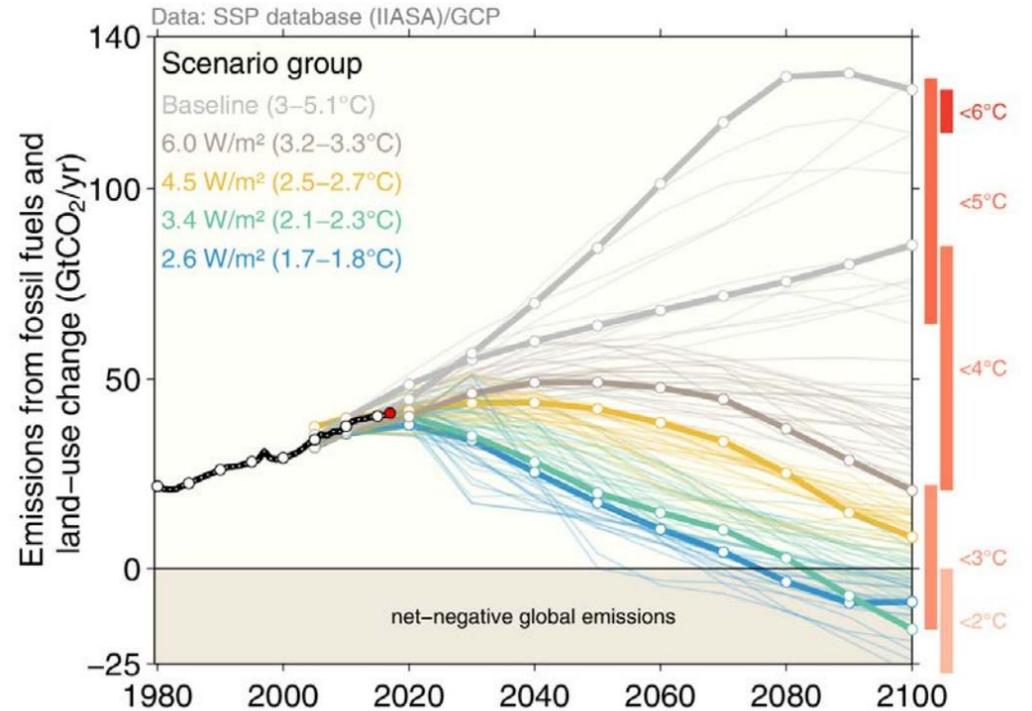
검정색 : 탄소 저장량(Gt-C), 녹색 : 탄소 순환량(Gt-C)

- ❖ 인간활동 제외 시 지구의 탄소순환은 평형상태
-인간활동: **매년 400억 톤의 이산화탄소** 배출

Ref. Carbon Capture and Storage, Stephen A Rackley, 2010, Elsevier

현재 탄소배출 유지시 5도 상승 생태계 파괴

탄소배출량과 기후 영향



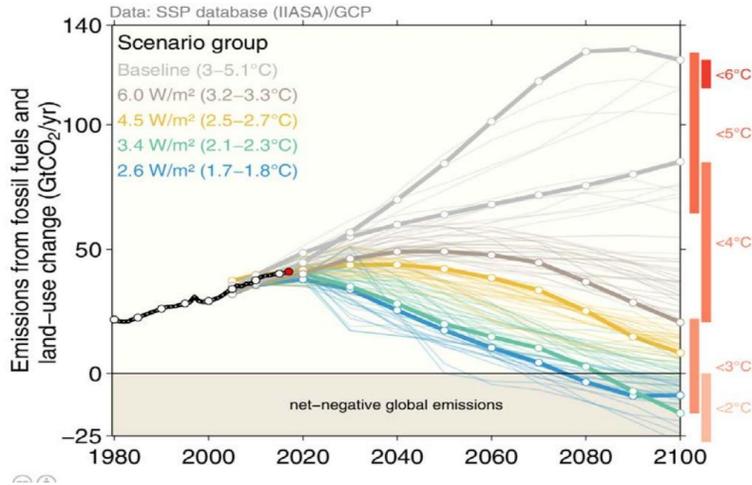
- ❖ 인간 활동과 기후변화는 밀접한 관련
- ❖ 탄소중립 실현 여부 → 지구 미래 기후변화

1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

온난화로 인한 생태계 파괴, 기후변화로 인한 재해 예상

지구 온난화



탄소중립 선언 국가



■ 탄소중립 선언국가 / ■ 탄소중립 목표를 법제화한 국가
 ※ 출처: Energy & Climate Intelligence Unit. "Net Zero Tracker: Net Zero Emissions Race"를 활용하여 저자가 재구성

국가별 탄소중립 달성시기

순위	국 가	온실가스 배출량 (백만톤 CO ₂ eq)	탄소중립 선언	목표달성 시기	이행수준
1	중국	12,476	→	2060년	정책 수립
2	미국	6,488	→	2050년	정책 수립 중
3	인도	2,793			
4	러시아	2,155			
5	일본	1,289	→	2050년	정책 수립
6	브라질	968			
7	이란	922			
8	인도네시아	899			
9	독일	894	→	2050년	정책 수립
10	캐나다	714	→	2050년	법제화 논의 중
11	대한민국	709	→	2050년	법제화 진행 중
12	멕시코	705	→	2050년	이행초기 논의 중
13	사우디아라비아	630			
14	호주	557			
15	남아프리카공화국	545	→	2050년	정책 수립

- 국제사회는 기후변화 심각성을 인식하고 이를 막기 위해 1997년 교토의정서를 채택
- 2015년에 전세계가 참여하는 파리협정이 채택되었고, 2016년 11월 우리나라도 비준함
- 현재 128개 국가 탄소중립을 선언(2020년 12월 기준)하였으며, G7 국가 중 이탈리아를 제외한 미국, 일본, 독일, 캐나다, 영국, 프랑스가 탄소중립 선언
- 한국: 2020년 10월 탄소중립 선언국가 합류, 「2050 탄소중립 추진전략」, 「탄소중립 기술혁신 추진전략」 등을 수립, 탄소중립 사회 실현을 위한 '기술 개발, 정책수립, 체계강화' 추진 필요

한국 2050년 탄소중립목표

1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

국제적인 탄소배출 경감 노력

구 분	1.5°C	2°C
생태계 및 인간계	높은 위험	매우 높은 위험
중위도 폭염일 온도	3°C 상승	4°C 상승
고위도 한파일 온도	4.5°C 상승	6°C 상승
산호 소멸	70~90%	99% 이상
기후영향·빈곤 취약 인구	2°C에서 2050년까지 최대 수억명 증가	
물부족 인구	2°C에서 최대 50% 증가	
대규모 기상이변 위험	중간 위험	중간~높은 위험
해수면 상승	0.26~0.77m	0.3~0.93m
북극 해빙 완전소멸 빈도	100년에 한번	10년에 한번

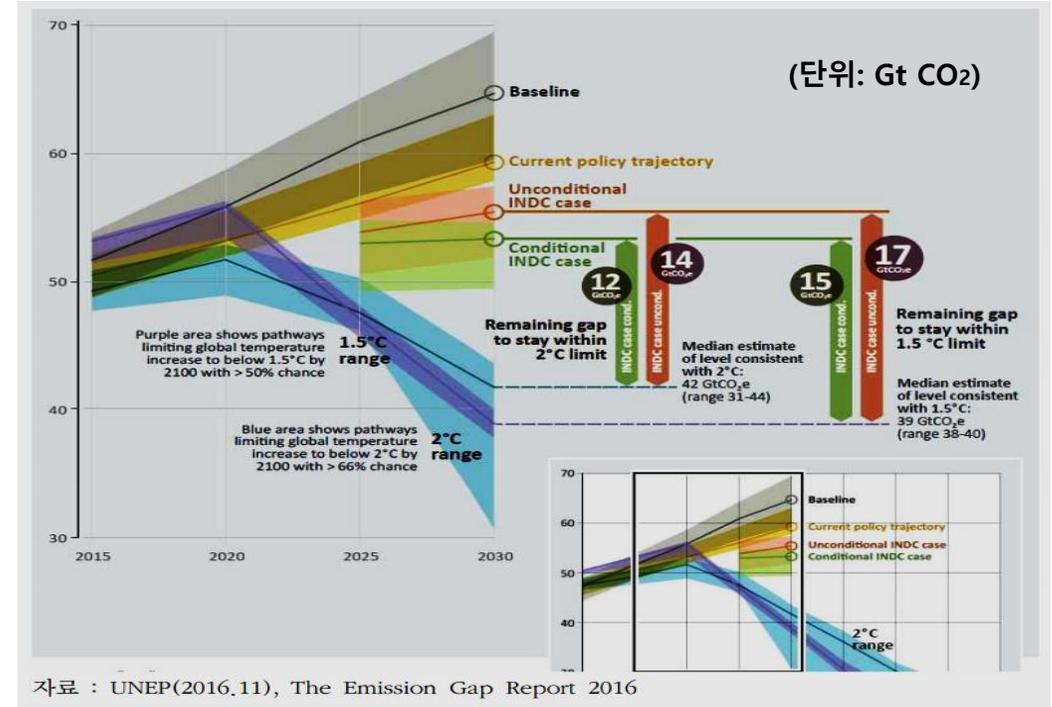
<전 지구 온도상승에 따른 지구환경 영향>

□ 국제사회는 기후변화 심각성을 인식하고 이를 막기 위해 1997년 교토의정서를 채택했지만, 감축의무 미흡 등으로 한계에 봉착

- 지구 온도상승을 2°C보다 훨씬 더 아래로 유지하고, 1.5°C로 억제하기 위해 노력해야 함
- 국가마다 자발적 감축 목표 NDC를 설정하여 이행하도록 함

□ 1850~1950년 대비 2011년에서 2020년까지 10년간 전 지구 지표면 온도는 1.09°C 상승

각국의 NDC보다 더 강화된 노력 필요



□ 2030년 지구 기온상승을 2°C 미만으로 하기 위해서는 각국의 NDC보다 120~140억 톤을 더 줄여야 함

□ 1.5°C만 상승하도록 하기 위해서는 각국의 NDC(Nationally Determined Contributions)보다 150~170억 톤을 더 줄여야 함

1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

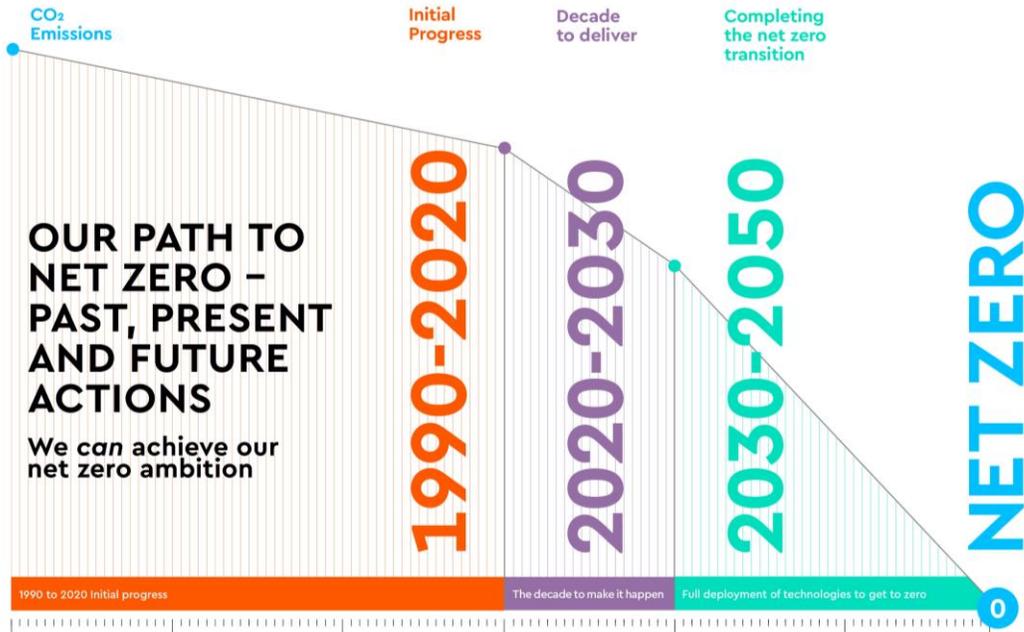
2030년 탄소중립 전환단계
2050년 탄소중립 완료단계

국제 콘크리트 협회(GCCA)의 탄소중립 현황 및 목표

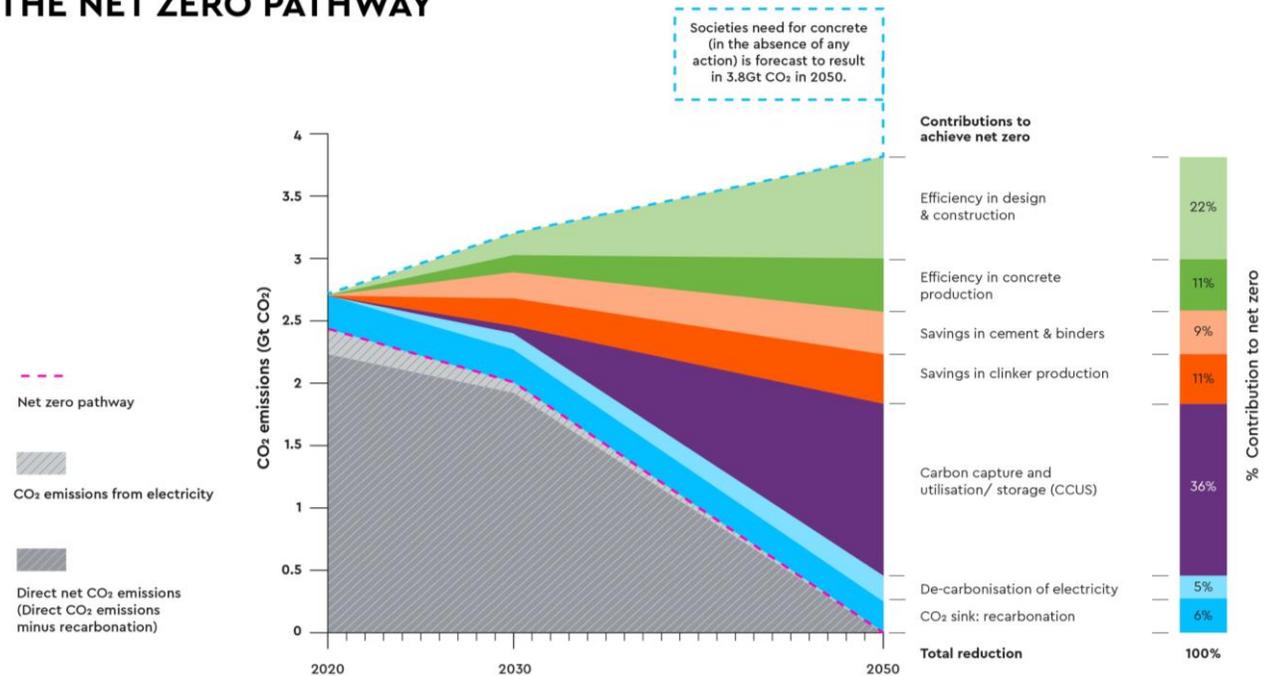
- ❖ 2020년: 콘크리트 탄소중립 초기기간
- ❖ 2030년: 콘크리트 탄소중립 전환단계
- ❖ 2050년: 콘크리트 탄소중립 완료단계

❖ 콘크리트 탄소중립: 모든 수단 강구필요

- 설계 및 건설 효율성, 콘크리트의 생산 효율성, 시멘트 및 결합재의 절약, 클링커 생산 감축, CCUS 기술 활용, 전기의 탈탄소화, 재탄산화 등



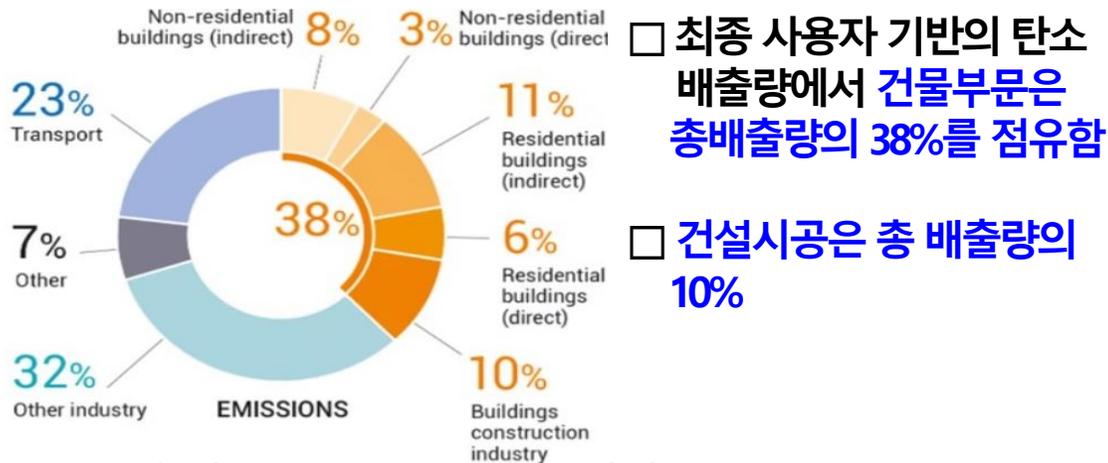
THE NET ZERO PATHWAY



1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

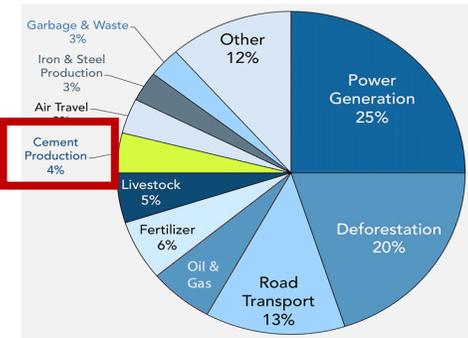
건설분야의 탄소배출



- 최종 사용자 기반의 탄소 배출량에서 건물부문은 총배출량의 38%를 점유함
- 건설시공은 총 배출량의 10%

REF: International Energy Agency, Building Outlook 2021

콘크리트의 탄소배출



- 시멘트 산업의 탄소배출은 전세계 총배출량의 4%임
- 이를 콘크리트로 환산하면 5%로 추정됨

REF: <https://www.greenspec.co.uk/building-design/environmental-impacts-of-concrete/>

Cement, Concrete - 가장 사용량 많은 재료
건설분야 탄소중립의 핵심

<각종 구조재료의 생산에너지 비교>

재료의 종류	생산에너지(MJ/kg)
Steels	29
Aluminum alloys	200
Polyethylene	80
Device-grade silicon	대략 2000
Cement Concrete	1.2

- 콘크리트의 생산 에너지는 철의 1/24, 알루미늄의 1/167, 폴리에틸렌의 1/67, 실리콘의 1/1667
- 콘크리트가 없다면 현대 문명을 유지하기 위하여 인류는 몇 십에서 몇 백배의 에너지를 더 사용하여야 함
- 시멘트-콘크리트는 생산에너지가 매우 낮은 탄소중립형 구조재료
- 미래에도 구조물을 만드는데 있어서 수요가 증대될 수 밖에 없는 대체 불가능한 재료임

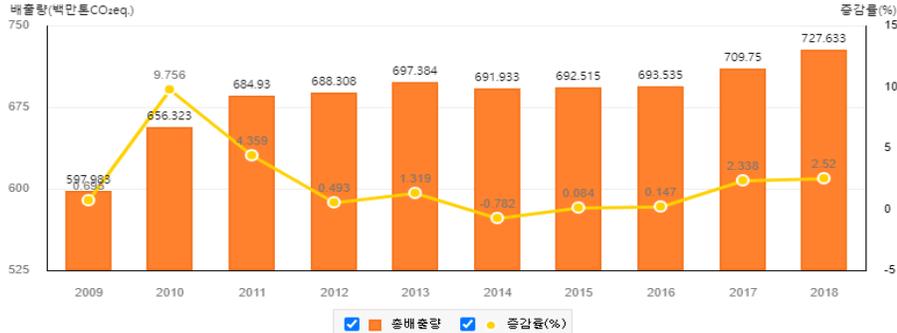
1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

탄소중립관련 국내시장 동향

□ 탄소중립이 필요하나, 오히려 탄소배출량 증가

- 2018년 배출량 728백만 톤 CO₂eq으로 1990년대 149%



REF: 온실가스종합정보센터, 2020년 국가온실가스 인벤토리 보고서, e-나라지표

□ 국내 온실가스의 총배출량은 전 세계 8위(2018년 기준)



□ 건설재료 관련 산업의 탄소배출량은 전체의 10%

	2019 (MtCO ₂)	Share
Buildings use phase	9953	
Coal	496	9% direct emissions
Oil	939	
Natural gas	1663	
Electricity and heat	6855	19% indirect emissions
Buildings construction	130	10% indirect buildings and construction value chain emissions
Construction energy use	130	
Material manufacturing	3430	
Cement- and steel- manufacturing for construction	2038	
Other	1391	
Buildings and construction value chain	13512	38% of total energy related emissions

REF: IEA(2020), Cement, IEA, Paris

□ 탄소도입세, 탄소국경세, 탄소배출권 도입

- 시멘트, 철강, 석유화학 등 건설재료 관련 분야가 우선 도입 예상

누스 기획&팀장 정계 DB 대한민국 정부 소개 공강

산업계에 부는 '탄소중립' 바람... 철강·석유화학·시멘트업계 동참 잇따라

탄소배출권 도입, 탄소국경세 도입, 탄소배출권 도입, 탄소배출권 도입

중 거닐만 바이든의 탄소국경세... 석유화학·철강 '비상'

미국 바이든 대통령은 11월 2일(현지시간) '미국-중국 무역전쟁'을 막기 위해 '탄소국경세'를 도입할 것이라고 밝혔다.

미국 바이든 대통령은 11월 2일(현지시간) '미국-중국 무역전쟁'을 막기 위해 '탄소국경세'를 도입할 것이라고 밝혔다.

탄소배출권 도입시 주요국의 온실가스 배출 현황

2019년 온실가스 배출량 (단위: 10억톤)

국가	배출량
중국	112
미국	53
인도	26
러시아	17
일본	12
독일	8
이란	7
한국	7
사우디	6
캐나다	5

1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

우리나라의 2050 탄소중립 목표와 콘크리트 분야의 목표

2050 탄소중립시나리오 총괄표

구분	부문	'18년 배출량	A안				B안				
			배출량	감축량	감축율	감축 기여율	배출량	감축량	감축율	감축 기여율	
			백만톤CO2eq		%		백만톤CO2eq		%		
배출	전환	269.6	-	269.6	100.0	39.3	20.7	248.9	92.3	36.3	
	산업	260.5	51.1	209.4	80.4	30.5	51.1	209.4	80.4	30.5	
	건물	52.1	6.2	45.9	88.1	6.7	6.2	45.9	88.1	6.7	
	수송	98.1	2.8	95.3	97.1	13.9	9.2	88.9	90.6	13.0	
	농축수산	24.7	15.4	9.3	37.7	1.4	15.4	9.3	37.7	1.4	
	폐기물	17.1	4.4	12.7	74.3	1.9	4.4	12.7	74.3	1.9	
	수소	0	-	0.0	현행유지	-	9	-9.0	증가	-	1.3
	탈루	5.6	0.5	5.1	91.1	0.7	1.3	4.3	76.8	0.6	
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	- 25.3	-16.0		- 2.3	-25.3	-16.0		- 2.3	
	CCUS	0	- 55.1	55.1		8.0	-84.6	84.6		12.3	
	직접공기포집	0	-	0.0		-	-7.4	7.4		1.1	
합계		686.3	-	686.3	100.0	100.0	0	686.3	100.0	100.0	

콘크리트 산업 탄소 감축률 목표

목표 감축률 : 80%

- 우리나라의 2050 탄소중립 시나리오는 A안과 B안으로 결정됨
- 산업부문 감축률은 80.4%
- 시멘트 부문에서의 감축률은 53%
- 콘크리트는 산업부문에 포함되므로 콘크리트 분야에서도 동등 수준으로 감축하여야 할 것임

1. 미래 건설 환경

I 탄소중립/친환경 사회로 전환

공사비/건설자재비용 증가

□ 3년간 공사비 27-30% 상승

- 유동성증가, 환율급등, 지역분쟁의 여파
- 공사비중 자재비 35%
- 시멘트 54.6%, 철근 64.6%, 레미콘 34.7%



자료: 통계청

골재수급부족/품질문제

□ 골재 수급난으로 인한 저품질 골재(불량골재)의 유통 심화

- 입도분포/흡수율에서 KS규준을 만족하지 못하는 경우가 많음
- 미분/토분량이 많은 잔골재 유통 → 콘크리트 품질 저하 심각

원자재 부족 / 건설재료 과소비

시설물의 짧은 수명으로 사회비용증가

- 해외 주요 선진국에 비해 우리나라의 **건축물 평균수명은 현저히 낮음**
 - 재건축에 따른 집값 상승, 건설폐기물 증가, 자원 낭비 등에 따른 사회적 비용이 증가
 - 장수명주택제도 유명무실(30년), 일본 200년 장수명주택추진
- **국내 시멘트 소비 세계 8위, 인구당 소비율 세계 3위**
 - 경량화, 부재 축소, 사용량 감소 필요
- **콘크리트 과다사용 국내 24MPa vs 선진국 40MPa**
- **국내 석회석 가용년도는 약 150년**

양질 골재 품귀...“아파트 현장 불량 점검해야”

© 김청우 | © 송연 2022/02/03 19:34 | © 수정 2022/02/03 19:34 | 2022/02/04 인천만 1만 |

HDC현산 광주 아이파크
레미콘 업체 상당수 적발
사실상 해사 채워 중단 상태
저급 광범위 사용 가능성 커



레미콘 차량./인천영M06



<국내외 주택 평균 수명 비교>

1. 미래 건설 환경

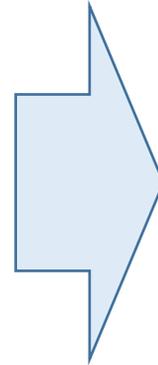
II 디지털 융합기술 수요 증가

미래융합기술의 사회적 필요성 증대

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020



탐색/조정시기를 거쳐
5~10년 이내
디지털 융합기술 도입
예정



11 NEW TRENDS IN CONCRETE TECHNOLOGY



1. PROJECT MANAGEMENT SOFTWARE

2. BUILDING INFORMATION MODELING



4. ULTRA-HIGH PERFORMANCE CONCRETE



6. GRAPHIC CONCRETE



8. TRANSLUCENT CEMENT



10. 3D PRINTING



1. PROJECT MANAGEMENT SOFTWARE



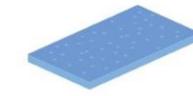
3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE & IoT



5. SELF-HEALING CONCRETE



7. LIGHT-GENERATING CONCRETE



9. DRONES



11. OFF-SITE CONSTRUCTION

11대 콘크리트 미래기술

- BIM
- 3D 스캐닝
- VR-AR-MR
- 드론
- 클라우드 컴퓨팅
- 센싱
- 디지털트윈
- 3D 컴퓨팅
- AI
- 로봇
- 자율주행

gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Gartner © 2020 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner and Hype Cycle are registered trademarks of Gartner, Inc. and its affiliates in the U.S.

Gartner

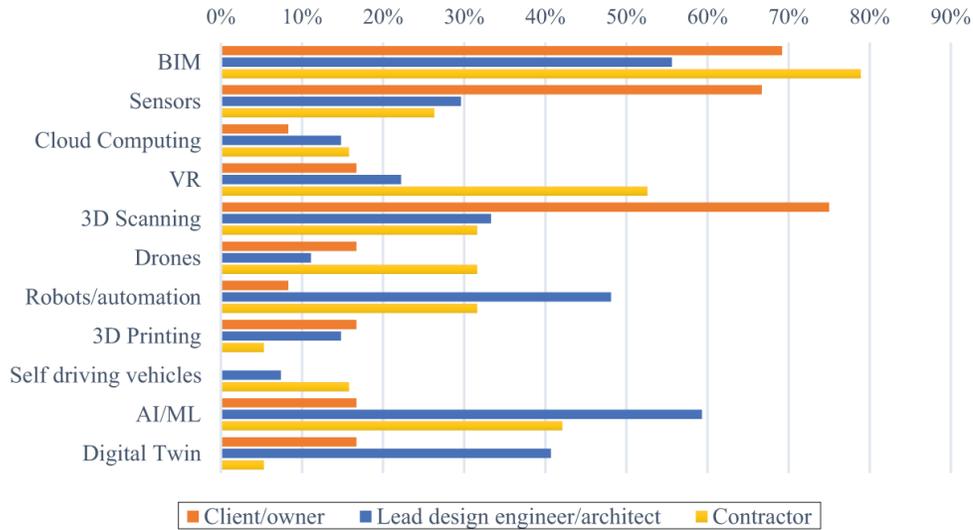
Ref. 미국 건설소프트웨어 업체 ESUB

1. 미래 건설 환경

II 디지털 융합기술 수요 증가

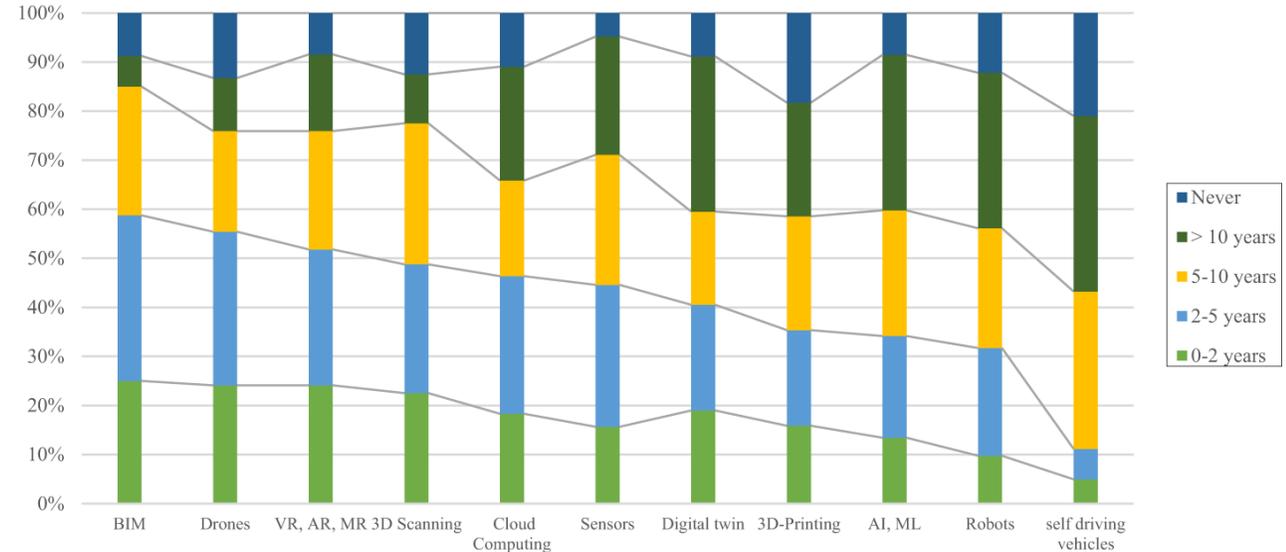
5~10년 이내 디지털 융합기술 도입 예정. 건설산업 대처 필요

미래융합기술의 수요조사



콘크리트 분야 미래융합기술의 주체별 필요성
(DOI 10.1108/CI-01-2020-0002)

11개 첨단건설기술의 적용성 평가 결과



콘크리트 분야 미래융합기술의 실현 예상 시기
(DOI 10.1108/CI-01-2020-0002)

- ❖ BIM, 3D 스캐닝, VR-AR-MR, 드론 → 단기적으로 산업에 적용가능
- ❖ 클라우드 컴퓨팅, 센싱, 디지털트윈, 3D 컴퓨팅, AI, 로봇, 자율주행 → 중장기 미래건설기술에 활용성 높음

고난이도, 고위험도, 공기단축, 인력감축 작업에 우선 적용

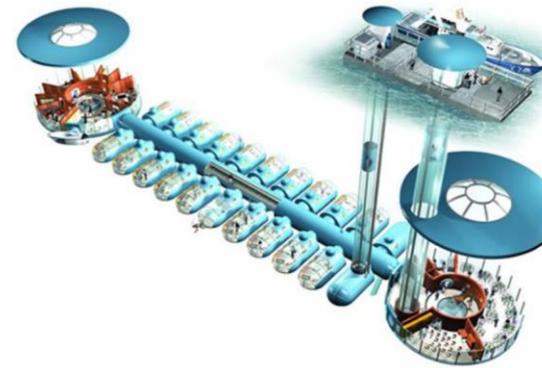
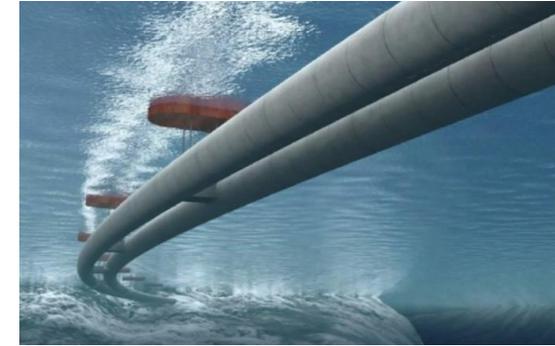
III 고부가가치형 건설 수요 증가

원전, 스마트시티, 대형시설물에 대한 수요 증가



- 에너지수요, 산업/경제활동 증가
- 원전, 네옴시티 등 해외 건설 수요
- 초장대 교량 및 대형 시설물
- 해저 도시, 부유식 교량
- 우주 주거지

국내건설산업-대형 프로젝트형 시공사업에 강점
고부가가치 엔지니어링 기술 능력 필요



1. 미래 건설 환경

III 고부가가치형 건설 수요 증가

해외건설시장 진출을 통한 일자리 창출 가능

- 국내 건설산업 수요 감소
- 해외진출을 통한 산업발전 및 일자리 창출 필요
- 민관협력이 중요

인프라 협력을 위한 노력		스마트시티 수출을 위한 노력	
글로벌 인프라 협력 콘퍼런스 개최와 인프라 협력 및 수주 지원 외교 활동 등 정부 노력		중동, 아시아 지역에 스마트시티 수출을 위한 노력	
글로벌 인프라 협력 콘퍼런스 개최	인프라 협력 및 수주 지원 외교 활동	스마트시티-해수담수화 중동 수출길 개척	베트남에 스마트시티, 건설 인프라 기술 수출
<p>"해외 건설시장 근손들이 온다"... 글로벌 인프라 협력 콘퍼런스</p> <p>중동 등 해외 건설시장 주요 발주국의 행정가들이 대거 방한해 우리 정부와 건설사 등을 만나 협력 방안을 논의한다.</p> <p>국토교통부는 4~6일 서울 코엑스 인터콘티넨탈호텔에서 '2017 글로벌 인프라 협력 콘퍼런스(GICC: Global Infrastructure Cooperation Conference)'를 연다고 3일 밝혔다.</p> <p>이 행사는 국토부가 2013년부터 매년 우리 기업의 해외 건설시장 개척을 지원하고자 여는 인프라 세일즈 행사다. (생략)</p> <p>연합뉴스 2017년 09월 03일</p>	<p>김현미 장관, 베트남-싱가포르시 인프라 협력 및 수주 지원 외교</p> <p>김현미 국토교통부 장관은 3월 5일(월)부터 8일(목)까지 베트남과 싱가포르를 방문하여 우리 기업의 인프라 프로젝트 수주를 지원하고, 주거복지, 스마트인프라 등 국토교통 분야 정부 간 협력을 추진한다. (중략)</p> <p>이번 방문으로 신남방정책 4대 중점분야(교통·에너지·수자원·스마트)에 대하여 두 나라와의 포괄적인 협력 체계가 구축될 것으로 기대된다. (생략)</p> <p>정책브리핑 2018년 03월 04일</p>	<p>국토교통부는 지난 19일부터-23일 까지 오만과 사우디에 순방석 차관을 단장으로 하는 민관합동 수주지원단을 파견해 해외건설·인프라 분야 담당 장관 등 고위급 협력활동과 MOU 체결 등 신정부 첫 수주지원 활동에 나섰다. (중략)</p> <p>"이번 수주지원단을 통해 스마트 시티, 첨단 교통, 해수담수화 등 스마트 인프라 분야에서 수주 지원의 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대한다"고 밝혔다.</p> <p>한국건설신문 2017년 09월 20일</p>	<p>건설연, 베트남에 스마트시티-건설 인프라 기술 이식한다</p> <p>한국건설기술연구원(원장 한승헌/이하 건설연)은 22일 베트남 하노이 현지에서 '한-베 교통인프라 협력센터 개소식을 거행, 베트남과 스마트시티 및 건설 인프라 분야 교류협력 증진에 나섰다. (중략)</p> <p>향후 3년간 도로포장분야에서 20억원 규모의 국토부 ODA 사업인 '베트남 포장의 성능개선을 위한 맞춤형 중온 아스팔트 기술 최적화 및 현지화 사업'을 수행하게 되며, 건설연의 첨단 건설기술을 베트남 현지에 적용할 예정이다. (생략)</p> <p>국토일보 2018년 03월 22일</p>

연간 해외건설 수주액 추이



❖ 해외건설 수주: 산업환경과 정부지원의 영향을 받음 (해외건설협회)

❖ 정부의 금융, 기술, 외교 지원 해외건설 수주 확대

1. 미래 건설 환경

III 고부가가치형 건설 수요 증가

국내건설 생산성 현황



국내건설산업 생산성 미국의 1/3 수준

<건설산업 노동 생산성 현황>

$$\text{건설산업 노동생산성} = \frac{\text{생산지수(건설공사기성액)}}{\text{노동시간}}$$

건설업 상장사의 시가 총액 비중 1.5%, 부가가치 비중 7.4%, 고용 비중 8.1%, 우리나라 실물 경제에 큰 영향

<연면적당 공사기간(1996-2015)> (단위: 일)

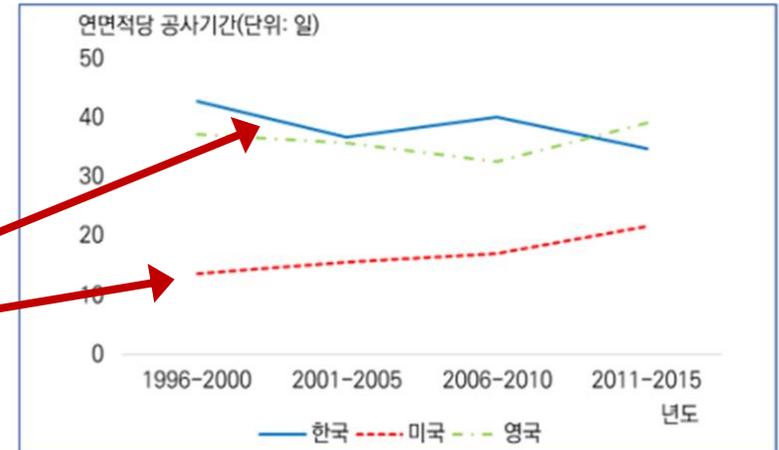
연도	한국 272개	미국 194개	영국 186개
1996-2000	42.8	13.5	37.2
2001-2005	36.7	15.5	35.7
2006-2010	40.0	16.9	32.5
2011-2015	34.6	21.5	39.1
평균 공사기간	38.5	16.8	36.1
표준편차	3.6	3.4	2.8
평균 공사기간 증가율	-6.3%	17.0%	2.5%

약 2.3 배

국내 건설공기 미국 대비 2.3배

민간 후분양제, 공공시설물 공기단축

공사기간 한국 미국



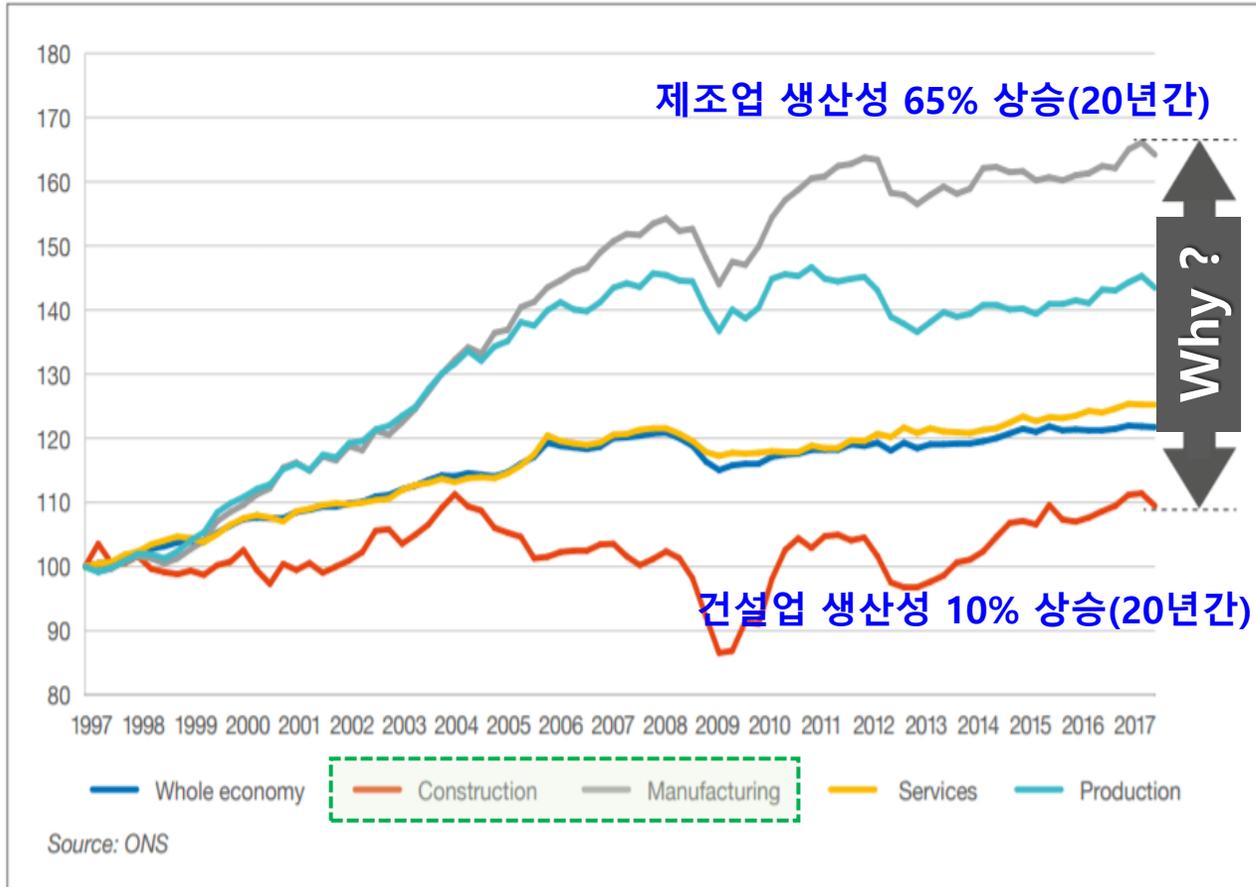
나라별 건설 생산성 분석 및 기술개발 방향, 이치주, 국토연구원 2020.12.

<국가별 생산성 분석>

1. 미래 건설 환경

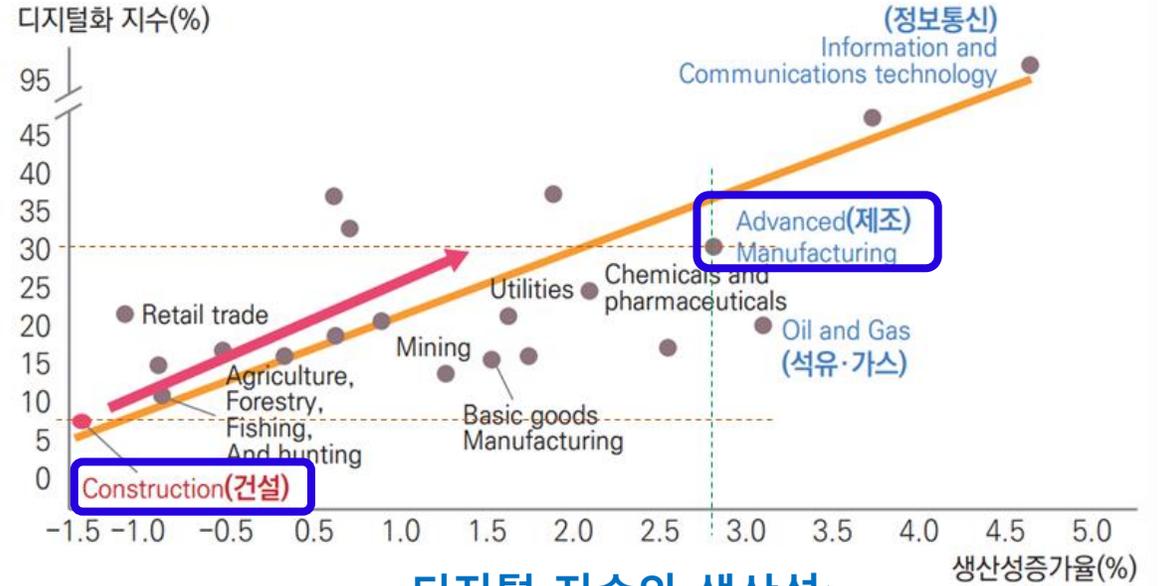
III 고부가가치형 건설 수요 증가

산업별 생산성 현황



<산업별 생산성>

건설산업의 디지털 전환 실태



<디지털 지수와 생산성>

	기존 건설산업	디지털 전환(DX)	디지털 건설산업
생산 체계	<ul style="list-style-type: none"> 생산체계의 분산 및 파편화 업종 단순화 및 분업화 	→	<ul style="list-style-type: none"> 생산체계의 통합과 융합화 업종 통합 및 기술의 융합화
시장	<ul style="list-style-type: none"> 경제인프라 중심 기반시설 구축 현장중심의 전통산업(근로시간 9to5) 	→	<ul style="list-style-type: none"> 사회인프라 중심 스마트시설 공급 디지털 기반 스마트산업(off-site, 24hr 가동)
기업	<ul style="list-style-type: none"> 경영자&경상 조직중심 노동 신축(신규) 투자 중심 	→	<ul style="list-style-type: none"> 사업조직 중심 스마트 유지보수 투자 중점
인력	<ul style="list-style-type: none"> 장비중심의 노동집약 기능인, 임시직 위주 양적 고용 중심 	→	<ul style="list-style-type: none"> 모듈화, 자동화 등 기술 중심 운전자(operator), 기술기반 질적 고용

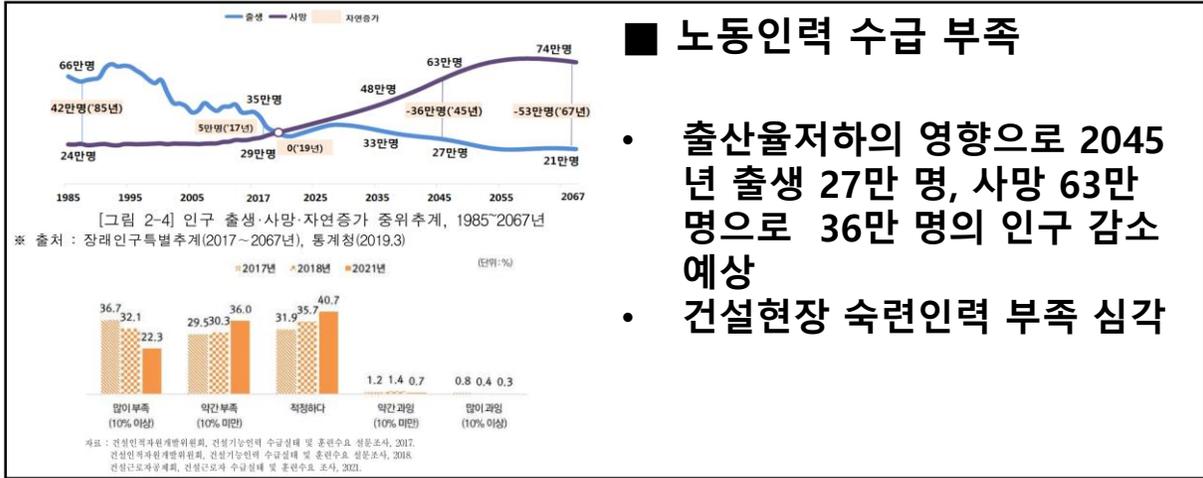
<디지털 건설산업의 전환 방향>

1. 미래 건설 환경

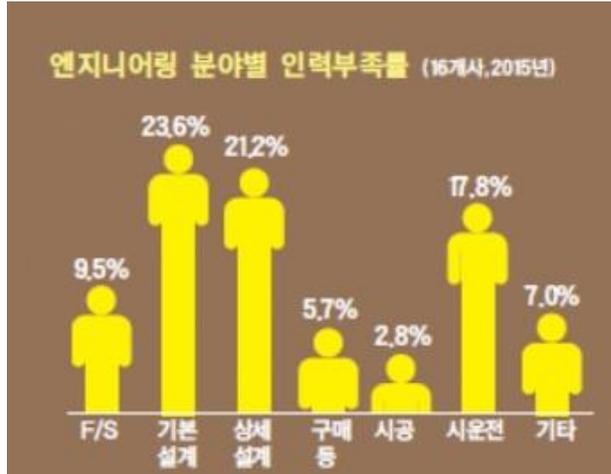
IV 사회 인구구조변화/건설산업 인력 확보 난항

엔지니어링-설계인력 부족
건설노동-고령자, 해외노동자 증가

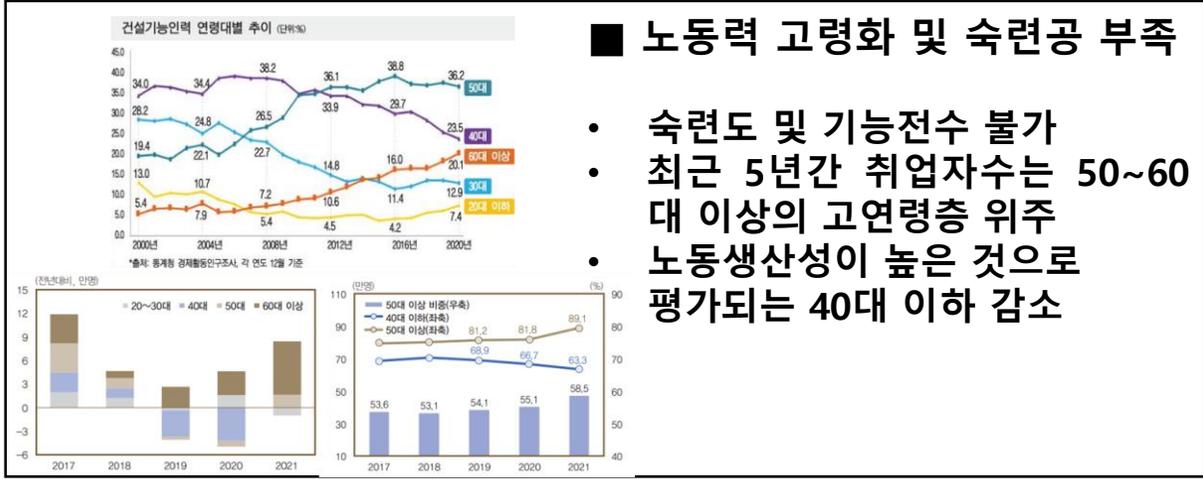
건설시장 노동인력 감소



- 출산율저하의 영향으로 2045년 출생 27만 명, 사망 63만 명으로 36만 명의 인구 감소 예상
- 건설현장 숙련인력 부족 심각



[건설현장이 멈춘다②] ‘저출산·고령화’...건설현장 인력난 악화일로
부동산 | 입력 2022-05-17 20:18:09 | 시청서 기자 | 0개



- 숙련도 및 기능전수 불가
- 최근 5년간 취업자수는 50~60대 이상의 고연령층 위주
- 노동생산성이 높은 것으로 평가되는 40대 이하 감소

4개 국어로 안내방송하는 건설현장...근로자 '절반' 외국인



IV 사회 인구구조변화/건설산업 인력 확보 난항

국내 건설분야 대학 진학 학생 감소

콘크리트 산업 인재 수급 전망

2019년 건설근로자 직종별 수급 전망 (단위: 명)

구분	수요	공급		내국인 부족인력
		내국인	외국인	
형틀목공	7만9123	7만2323	6만5928	-6800
철근공	5만8709	5만3664	2만4582	-5045
콘크리트공	2만502	1만8740	5448	-1762
석공(타일공)	1만2841	1만1737	4416	-1104
방수공	1만4780	1만3510	3131	-1270
도장공	2만2887	2만920	2924	-1967
용접공	3만7329	3만4121	761	-3208
배관공	15만426	13만7498	9039	-1만2928
기타 직종	112만2777	102만6287	11만1534	-9만6490
합계	151만9374	138만8800	22만7763	-13만5474

*자료: 한국건설산업연구원(건설근로자공제회 DB)
그래픽: 이승현 디자인가자

토목 졸업생 92명 중 엔지니어링사 취직은 '0명'

김성열 기자 | 승인 2021.07.21 09:03 | 댓글 22

엔지니어링사 피하는 이유는 '워라밸', '연봉' 인서울 대학교는 지방대보다 기피 심해

(엔지니어링데일리)김성열 기자=“저희는 엔지니어링사 취직은 아예 생각 안합니다. 동기들 중에도 엔지니어링사에 입사한 사람은 한 명도 없어요.” 토목공학과 졸업생들이 엔지니어링사를 외면하고 있다. 졸업생은 엔지니어링사 취직을 피하는 이유로 흔히 ‘워라밸’이라고 하는 업무 환경과 낮은 연봉, 사회적 지위 등을 들었다.

21일 본지가 경상-전라권 대학교 토목공학과 졸업생 취업현황을 집계한 결과 엔지니어링사 취업률은 공기업에 밀려 시공사, 공무원과 비슷한 수준으로 나타났다. 학교에 따라 엔지니어링사 취직률이 0%인 곳도 존재했다. 인서울 대학교는 공식적인 자료를 내놓지 않았지만, 지방대보다 엔지니어링사 기피가 더 심했다.

조사한 대학은 총 6개로 엔지니어링사 취업률은 20% 수준이다. 반면 ▲공기업 28% ▲시공사 20% ▲공무원 19% ▲대학원, 자영업 등 기타 13%로 나타났다. 졸업생 절반이 엔지니어링사에 취직할 학교가 있어서 평균치를 끌어올렸는데, 해당 학교를 제외하면 엔지니어링사 취업률은 평균적으로 10% 초반대였다.

국립대학교인 P대는 지난해 토목과 졸업생 92명 중 ▲공무원 13명 ▲공기업 38명 ▲대기업 2명 ▲중견-중소기업 10명으로 총 63명이 취직했다. 이 중 엔지니어링사에 취직한 졸업생은 0명이었다. 지난 2010년 졸업생 55명 중 5명이 엔지니어링사에 취직했던 것보다 더 줄어든 수치다.

2019년 44명이 취업한 부산지역 사립대인 D대학교는 13%인 6명만이 엔지니어링사에 입사했다. 공사와 공무원은 각각 12명, 10명이 합격했다. D대학교 토목과 홈페이지서 타 분야 취업 수기는 볼 수 있지만, 엔지니어링사 취업 수기는 없었다.

또 다른 부산지역 E대학교는 ▲관공서 4% ▲건설회사 39% ▲설계회사 28% ▲기타 29%라고 전했다. 정확한 인원은 밝히지 않았다.

인재 확보를 위한 생태계 구축이 중요

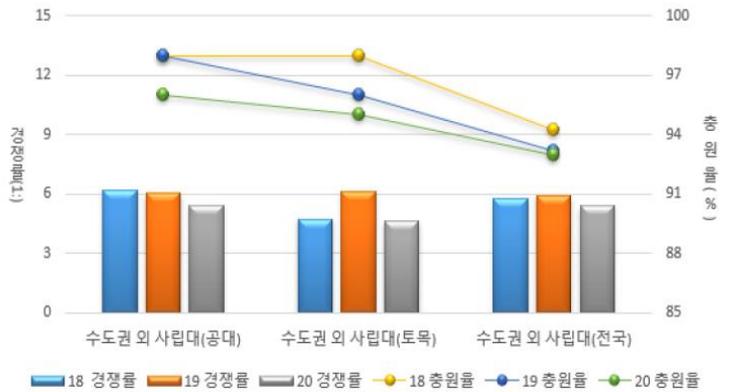


미국 건설분야 대학졸업생의 연봉순위 (TOP 4에 랭크) 금융분야보다 높음



- 미국 34가지 학부 전공별로 25~64세인 취업자의 중위 소득 통계 결과
- 토목분야가 미국 톱4 연봉수준의 전공으로 나타남
- 금융분야 전공보다 높은 연봉

Ref. 비즈니스 인사이더, 미국 인구조사국 자료



Ref. 수도권 외 사립대에 대한 대학 전체, 공대 및 토목공학전공 학과 입시 경쟁률과 총원율 비교(통계청, 2021)

Ref. 건설근로자 직종별 수급 전망(한국건설산업연구원, 2019)

1. 미래 건설 환경

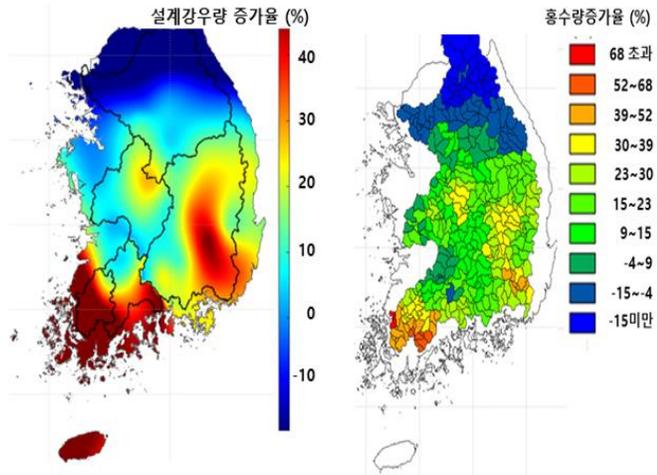
V 기후변화 대응 및 안전 요구 증가

지구온난화로 자연재난의 강도가 급격히 증가

- ❖ 한반도 슈퍼 태풍 노출빈도가 과거 대비 935% 증가. 전세계 4위
- ❖ 2050년 홍수 규모 최대 50% 증가 예상



<슈퍼태풍 노출빈도 예측>



<2050년 설계 강우량 및 홍수량 증가율 전망>

자연재해 피해 증가: 기후변화, 지진

- 포항지진(규모 5.4, 2017년 11월)
 - 필로티 구조물, 학교건물 피해 집중
 - 시설물 2만 7,317곳 피해, 92명 부상, 복구액 1,445억 원
 - 지진취약건물 종합대책 필요



<홍해초 외부기둥 파괴 >



<비내진상세 필로티 기둥 파괴>

□ 민간건축물 내진설계율

- 동수기준 12.4% (단독주택 7%, 공동주택 38.1%)
- 연면적기준 46.3%,
- 세대수기준 48.9%

1. 미래 건설 환경

V 기후변화 대응 및 안전 요구 증가

안전요구증가: 건물노후화, 건설품질

마이애미 아파트 붕괴사고

❖ 마이애미 건물 붕괴사고로 98명 사망, 유족보상 합의금 1조 3천억 원

건물노후화+건설품질 사례



<마이애미 건물 붕괴(좌) 및 여수산단 폭발사고(우)>

건물노후화+건설품질 발생시 심각한 우려

광주 화정 아파트 붕괴사고

인천 검단아파트 주차장 붕괴사고

- ❖ 인명사고, 공사중지 및 건물해체 요구
- ❖ 막대한 보상금 지급

三 경향신문
 대검, '광주 아파트 붕괴사고' 합동수사본부 구성 지시
 2022.01.12 12:58 입력 >
 허진우 기자



전남 광주 서구 화정동 현대아이파크 대파드.외벽 붕괴 사고 현장. 연합뉴스

광주에서 아파트 공사 중 건물 일부가 무너져 노동자 6명이 실종된 사고에 대해 검찰과 경찰이 합동수사본부를 꾸려 수사하기로 했다.

대검찰청은 12일 입장문을 통해 "광주지검에 광주경찰청 광주지방고용노동청을 중심으로 합동수사본부를 구성해 철저히 수사할 것을 지시했다"며 "합동수사본부를 통한 상호협력으로 수사역량을 결집해 사고 원인을 철저히 분석하고 신속한 수사를 통해 중대재해 발생에 책임이 있는 자에 대해서 엄정하게 대



건물 붕괴 순간 9일 광주 동구 학동에서 철거 중이던 18.75m 높이의 5층 건물이 무너지며 콘크리트 덩어리 시내버스(노란색 원)를 덮고 있다. 뒤따르던 승용차는 다급히 후진했다. 이 사고로 왕복 7차로 도로에 건물 잔해가 쏟아졌고 반대편 버스정류장 유리가 깨질 정도로 큰 충격이 발생했다. 건물에 깔린 버스 안에선 17세 고등학생 등 9명이 숨진 채 발견됐다. 작은 사진은 지난 달 건물 모습. 독자 제공·네이버 지도

1. 미래 건설 환경

V 기후변화 대응 및 안전 요구 증가

건설현장 안전 사고율

□ 국내 건설업 상시노동자 1만명 당 사고로 인한 사망자 수(사고사망만인율)는 2021년 기준 **1.75명으로 주요선진국에 비해 2배~10배 높은 수준**

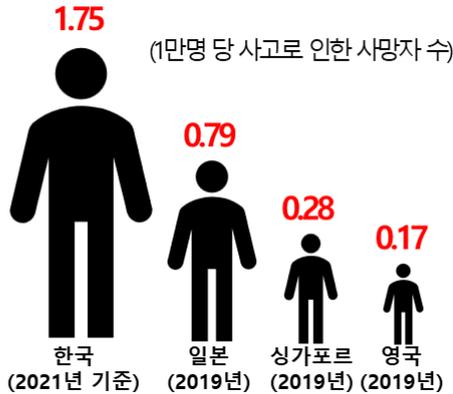
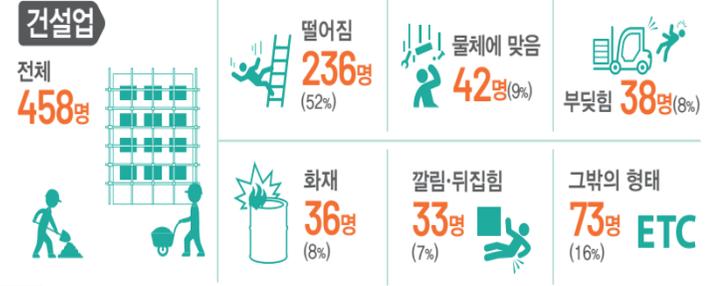
- OECD 38개국 중 34위

□ 국토교통부는 건설사고 사망자를 획기적으로 낮추기 위한 **'건설안전 혁신방안(2020)**을 발표

- 건설사고 사망자 360명선으로 감축목표(15% 감축):

△취약분야 집중관리 △사업주체별 안전권한·책임 명확화 △현장중심 안전관리 기반조성

□ 과학기술정보통신부는 **디지털화, 장비 자동화 등을 통해 공기 단축 및 재해율 감축 달성**이라는 목표를 제시



Ref. 국가별 건설업 사고사망만인율 산출방식 차이에 대한 비교 한국안전학회(2021)



[그림 2-38] 산업별 사고사망만인율 추이 (고용노동부, 2018)



제조업에 비하여 월등히 높은 수준

1. 미래 건설 환경

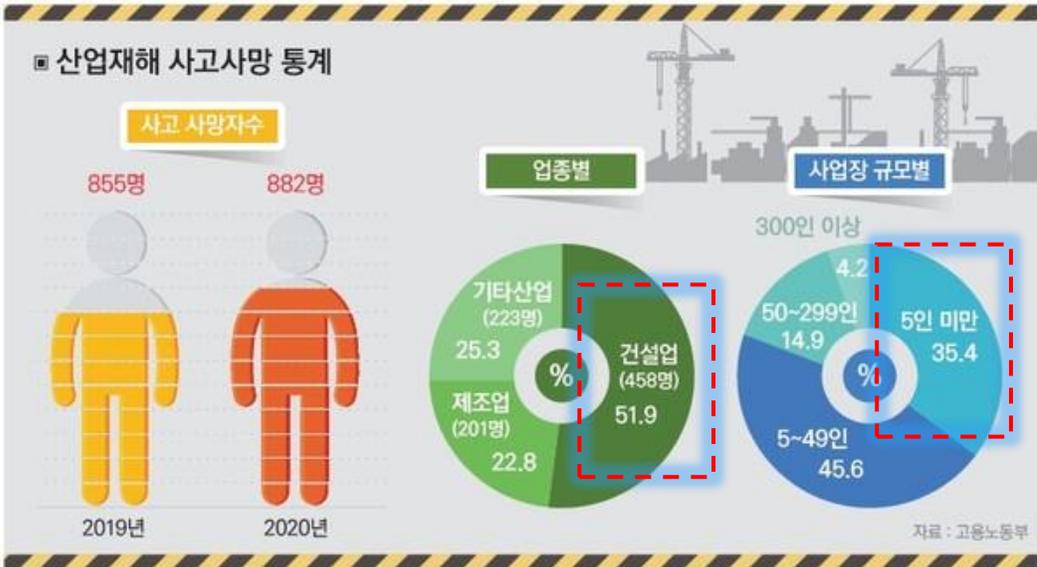
V 기후변화 대응 및 안전 요구 증가

소규모 건설현장 안전사고

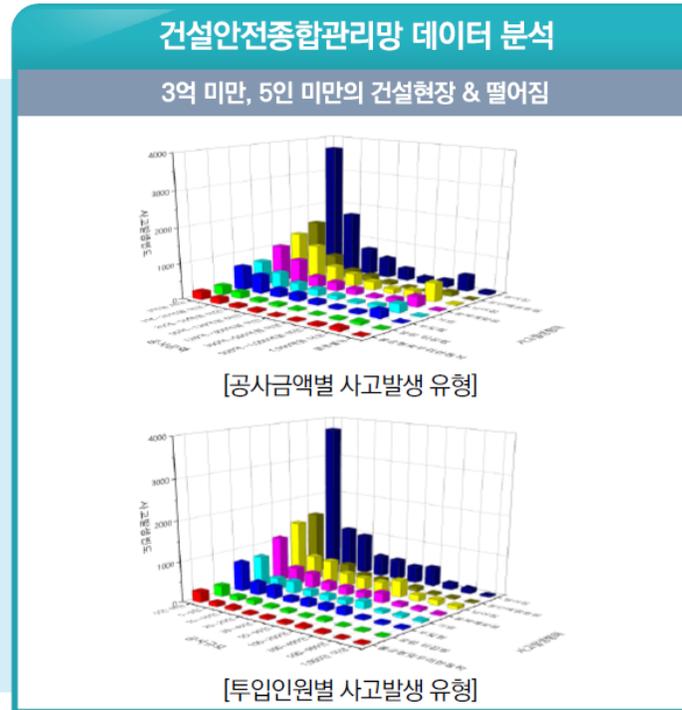
- 건설분야가 국가 산업사망 재해의 약 50% 차지
 - 건설분야 재해율을 40% 감축 시 국가 산업재해율을 20% 낮출 수 있음
 - (* 재해율(%) = 재해자수(또는 사망자수) ÷ 평균 근로자수 × 100)

- 건설현장의 사고발생은 대부분 소규모 건설현장에서 발생
 - 건설분야의 재해율을 낮추기 위해서는 소규모 건설현장(50인미만)의 안전관리 시급

<소규모 건설현장> 안전관리의 사각지대, 고용노동부(2019)>



<건설분야 → 국가 산업사망 재해의 50%를 차지, 고용노동부>



1. 미래 건설 환경

V 기후변화 대응 및 안전 요구 증가

안전관련 건설산업규제 강화

□ 중대재해처벌법

- 안전관리 강화에 대한 이슈
- 사고 발생시 작업 중지 등 기업/사회비용 증가와 공기 지연

□ 주 52시간 근무제

- 근무시간 단축으로 공사비 및 공기 증가에 의한 경영 악화
- 장시간 노동의 노동생산성 저하 및 산업재해 증가 원인

□ ESG

- 폐기물 저감, 소음/분진 규제
- 도심지 공사 민원 발생 증가
- 규제 및 작업 환경 변화에 따른 현장작업 최소화 필요
- 특수 작업자 필요



경제계가 지적하는 중대재해처벌법 문제점

형사처벌 책임자는 '경영책임자' 범위 모호

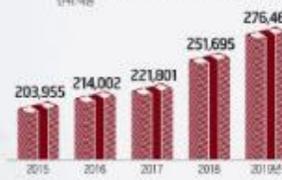
직업성 질병의 중증도 기준 없어

경미한 질병도 중대재해처벌 가능

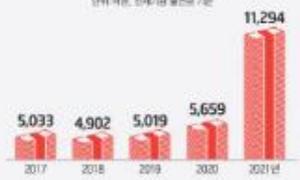
준비 시간 촉박, 최소 1년 이상 계도 기간 필요

처벌 하한 규정 둔 탓에 과도한 형사처벌 위험

산업재해로 인한 경제적 손실액



공단 안전관련 예산



건설 회사 노무비 늘어나거나

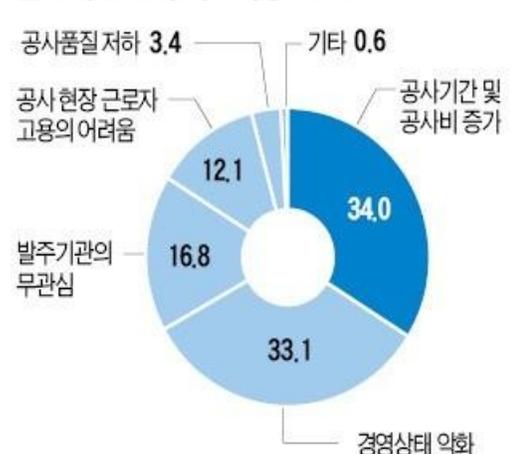


근로자 임금 줄어든거나



자료=한국건설산업연구원

근로시간 단축에로사항 (단위:%)



1. 미래 건설 환경

V 기후변화 대응 및 안전 요구 증가

지역분쟁증가: 민간방호인프라 구축

북핵 및 지역분쟁 대비 방호시설 구축 필요

Israel targets Hamas's labyrinth of tunnels under Gaza

🕒 13 October



<이스라엘 공습에 의한 가자 지구의 피해>



Ref. CNBC, BBC News, 연합뉴스 등

- ❖ 하마스-이스라엘 교전에 따른 가자지구 피해액 약 4~6조 정도의 경제적 피해 발생
 - 가자 북부지역 건물의 약 1/3 정도 손상 및 피해 발생
 - 깊이 30m에 해당하는 지하 콘크리트 터널에서도 피해 발생
 - 포탄피해 100% 방어 불가능
 - 터널 붕괴에 따른 주변 건물의 연쇄붕괴

한총리 "북핵 대응력 발전시키고 국가중요시설 방호대책 개선하라"

송고시간 | 2023-09-20 15:09

[23 국감] 김영선 "北 핵 위협 대비, 일반 국민대상 핵방호 대피 시설 全無"

정청래 "전국 발전소·변전소에 북한 EMP 공격 방호설비 없어"

송고시간 | 2023-10-06 08:22

<북핵피해 안전구역>



Ref. 과학기술정책연구원, 현대건설 등

- ❖ 북핵피해 저감에서 대피시설 확보는 다른 요인(조기경보, 교육훈련 등)에 비해 50% 이상 매우 중요
 - 핵탄 폭발 시, 충격파에 의한 피해가 가장 높음
 - 콘크리트로 지어진 지하 구조물이 충격파에 상대적으로 안전
 - 최근 하마스-이스라엘 전쟁에서 이스라엘의 대피시설 확보에 따른 인명피해(약 67명) 최소화 사례

미래건설환경변화

탄소중립/친환경
사회 전환 가속화

디지털 융합기술
수요 증가

고부가가치형
건설 수요 증가

사회 인구구조 변화
/건설산업 인력 확보 난항

기후변화 대응 및
안전 요구 증가

Smart, Safety, Green Construction Tech

더 안전하고, 더 경제적이며,
더 오래 사용할 수 있는
콘크리트 구조물을 국민에게 제공



콘크리트 산업의 고부가가치
실현과 청년이 선망하는
고급일자리 창출



콘크리트 자원의 순환 및
소요 에너지 최소화를 통해
탄소중립을 선도

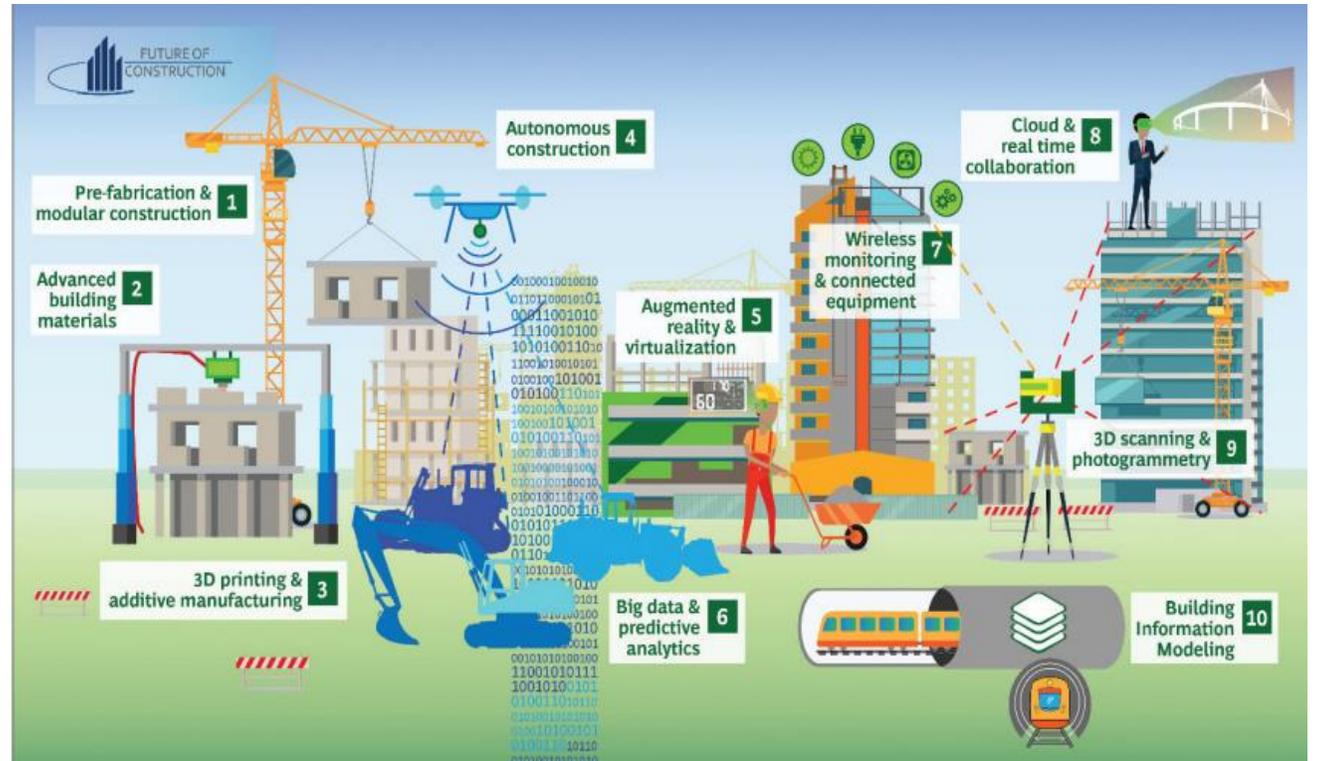


스마트 그린 안전 사회구현

스마트 그린 안전 사회 구현

Smart, Safety, Green Construction

- ❖ 빠르고 안전하고 경제적인 건설
- ❖ 지진, 태풍, 수해, 재난에 안전한 건설
- ❖ 친환경, 에너지절감, 장수명 건설
- ❖ 무층간소음, 공간가변형, 사용자 친화적 건설
- ❖ 고부가가치 차세대 일자리 창출



스마트 그린 안전 사회구현

더 **안전**하고, 더 **경제적**이며,
더 **오래 사용**할 수 있는
콘크리트 구조물을 국민에게 제공

콘크리트 산업의 **고부가가치**
실현과 청년이 **선망**하는
고급일자리 창출

콘크리트 자원의 **순환** 및
소요 에너지 최소화를 통해
탄소중립을 선도

목표 1

콘크리트산업 생산성 2.5배 향상

- 골조 공사기간 30% 단축
- 현장노무인력 30% 감축
- 조립식구조확대
(PC OSC, 합성구조) 30%
- 부가가치 2.6배 상승

목표 2

**200년 수명 고품질아파트 및
인프라시설 건설**

- 강도 향상
- 내구성 성능 기반 설계
- 전 생애 주기 구조설계 및
유지관리 통합

목표 3

콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

- 고강도 고성능 경량 콘크리트
설계/시공 기반 구축
- 고강도 고성능 철근 개발 및 관련
규격 제정
- OSC 기반 조립식 시공 적용
확대를 통한 재료사용량 감축

스마트 그린 안전 사회구현

더 안전하고, 더 경제적이며,
더 오래 사용할 수 있는
콘크리트 구조물을 국민에게 제공

콘크리트 산업의 고부가가치
실현과 청년이 선망하는
고급일자리 창출

콘크리트 자원의 순환 및
소요 에너지 최소화를 통해
탄소중립을 선도

목표 4

콘크리트 탄소배출량 80% 감축

- 크링커 탄소배출: 0.84톤 → 0.7톤
- 시멘트 탄소배출: 0.81톤 → 0.65톤
- 콘크리트 크링커 계수: 10kg → 8kg
- 구조물 탄소배출계수: 500kg 이하
- 생산성 30% 향상, 재료 사용량 20% 감축

목표 5

콘크리트 공사 재해율 40% 감축

- 디지털 안전관리 시스템 개발
- 노동력 감축형 조립식/자동화/기계화 시공기술개발
- 디지털 안전 기술자 양성 및 원격 디지털 관리제도 법제화

목표 6

시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

- 공공 및 민간시설물 내진율 향상과 내진보강 로드맵
- 기후변화 대응 시설물 방재 성능 개선기술 및 복구대책
- 층간소음 저감기술 및 제도
- 북핵 및 지역분쟁대비 방호시설 구축

목표 7

건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

- 차세대 엔지니어 육성
- 디지털 융복합 건설 기술교육 확대
- 건설경쟁력 확보
- 엔지니어 육성 기술우대 정책

4. 전문분야별 세부목표

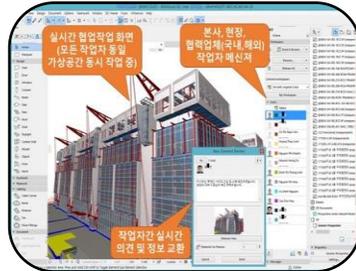
분야	탄소중립 기술 A	콘크리트 품질 및 내구성 B	콘크리트 산업의 생산성 C	고성능 재료 D	콘크리트 설계, 평가 및 유지 관리 E	디지털, 미래 융합 기술, 4차 산업기술 F	차세대 인력 양성을 위한 교육과 고용 G	행정 및 제도 H
목표 1 콘크리트 산업 생산성 2.5 배 향상			조립식공법 기계화 시공법		설계 및 유지관리 BIM 통합체계	디지털 생산 및 시 공기술 로봇시공기술		생산 시스템 혁 신을 위한 통합 플랫폼 개발
목표 2 200년 수명 고품 질 아파트 및 인 프라시설 건설		장수명 콘크리 트 품질관리 시스 템 구축	골재등급제	고내구성 콘크리 트 철근대체재	성능기반 콘크리트 제조/품질확보기 술	디지털 유지관리기 술 리모델링기술		장수명 주택/시설 물 인증제도
목표 3 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축			조립식 시공 (OSC) PSC 적용확대	고강도콘크리트 경량 콘크리트 고강도 철근 고강도철근대체 재	고강도 고성능 경 량 콘크리트 설계/ 시공			고강도 고성능 철근 개발 및 관련 규격

4. 전문분야별 세부목표

분야	탄소중립 기술 A	콘크리트 품질 및 내구성 B	콘크리트 산업의 생산성 C	고성능 재료 D	콘크리트 설계, 평가 및 유지 관리 E	디지털, 미래 융합 기술, 4차 산업기술 F	차세대 인력 양성을 위한 교육과 고용 G	행정 및 제도 H
목표 4 콘크리트 탄소배출량 80% 감축	시멘트 단계의 탄소배출 경감 기술	콘크리트 단계의 탄소배출 경감 기술		고강도콘크리트 고강도철근 철근대체재	구조물 단계의 탄소 배출 경감 기술 개발		친환경기술자양 성	탄소중립 건설 기술 표준 및 정책 제·개정
목표 5 콘크리트 공사 재해율 40% 감축			노동력 감축형 조 립식/자동화/기계 화 시공기술개발			디지털 안전관리 시스템 디지털/로봇시공기술	디지털 안전 기 술자 양성	원격 디지털 관리제도 소규모건축물관 리제도
목표 6 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상				고강도/고인성 재료	기후변화 및 지역특성 고려 시설 물 방재설계 충간소음 저감기술 리모델링기술	디지털 기반 안전진단 및 유지관리 기술		공공 및 민간 시설물 내진율 향상 로드맵 방호시설지원정 책
목표 7 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출	친환경/저탄소 연 계 고급전문인력 양성		디지털/기계화 시 공기술 고부가가치 해외 건설경쟁력 확보		원전, 스마트 시티, 대형 시설물 건설기술확보		디지털 설계 및 유지관리 일자 리 창출	디지털융합기술 우대정책

5. 중점추진사항

목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

<p>콘크리트 산업의 생산성</p> <p>C</p>	<p>콘크리트 설계, 평가 및 유지관리</p> <p>E</p>	<p>디지털, 미래 융합 기술, 4차 산업기술</p> <p>F</p>	<p>행정 및 제도</p> <p>H</p>
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 조립식 PC 공법의 개발 및 적용 확대 ❖ 현장공사의 생산성향상을 위한 가설구조 및 기계화 시공법의 개발 및 적용 ❖ 조립식 및 기계화 공법을 위한 구조설계기준 및 시방서 개발  	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 전 공정 설계 BIM 통합 체계 구축 ❖ 시공 유지관리를 위한 real time BIM 체계 구축  	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 3D 프린터 기술활용 콘크리트 생산기술 개발 ❖ 로봇 및 드론 활용 콘크리트 자동화 시공기술 개발 ❖ 디지털 콘크리트 생산 시스템 개발  	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 생산 시스템 선진화 기술 정보 축적 및 유통 플랫폼 구축 ❖ 디지털 생산, 시공, 현장관리기술 교육체계 구축 ❖ 생산, 시공, 현장관리 디지털화 및 기계화 정착 정책 정비  

인력감축, 공기단축

조립식 기계화 시공 및 생산기술

디지털 설계, 건설관리 유지관리기술

5. 중점추진사항

목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라 시설 건설

<p>콘크리트 품질 및 내구성 B</p>	<p>콘크리트 설계, 평가 및 유지관리 E</p>	<p>행정 및 제도 H</p>
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 콘크리트 재료 등급화 및 가격 합리화 ❖ 품질등급별 원재료(골재, 혼화재 등) 공급 체계 확보 ❖ 목표성능 확보를 위한 결합재, 골재 및 화학혼화제 등 재료 기술 개발 ❖ 성능 예측 기반 콘크리트 배합설계 기술 개발 ❖ IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링 및 예측기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 공간가변형 고내구성 아파트시스템 개발 ❖ 고내구성 철근 대체재 활용(FRP) ❖ 성능 기반 내구성 설계기술 개발 ❖ AI 및 로봇 기술을 이용한 스마트 유지관리 기술 개발 및 인력 양성 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 국가 건설재료의 품질관리 제도 재정비 및 기술자 교육 강화 ❖ 장수명 아파트 및 인프라 시설 인증제도 개선과 확대

고내구성 재료 품질, 생산품질 향상기술

내구성설계, 품질관리, 유지관리기술

5. 중점추진사항

목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

콘크리트 산업의 생산성

C

콘크리트 설계, 평가 및 유지관리

E

행정 및 제도

H

❖ 고강도 고성능 경량 콘크리트 설계/시공 기반 구축

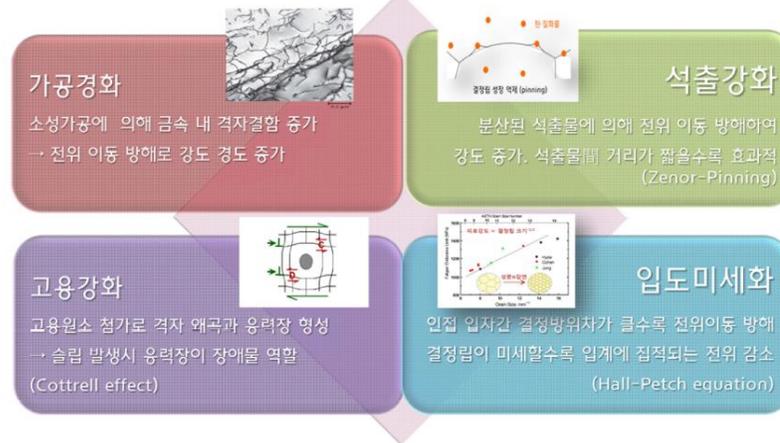
- 구조경량화
- 고성능 콘크리트 사용 확대
- 높은 강도-밀도비 콘크리트 개발
- 고강도 고성능 복합부재 활용

❖ 조립식 시공(OSC) 및 PSC 적용 확대를 통한 재료사용량 감축

- 디지털 기반의 공장조립식 콘크리트 생산 시스템 개발
- 공장생산형 조립식 시공 기술 확대

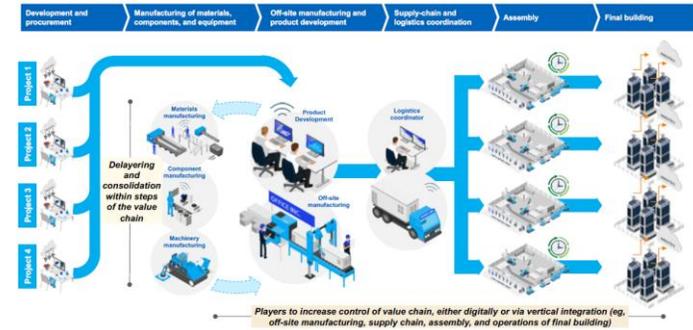
❖ 고강도 고성능 철근 개발 및 관련 규격 제정

- 국내 초고강도 철근 성능 정립
- 초고강도 고성능 철근(SD700 이상 급) 개발
- 재료규격 및 설계기술 개발



❖ 조립식 시공(OSC) 및 PSC 적용 확대

- 관련 기준/시방/제도 정비
- ❖ 조립식공법 우대제도 운영
- ❖ 재료사용량 평가제도 및 관련 인센티브제도 운영

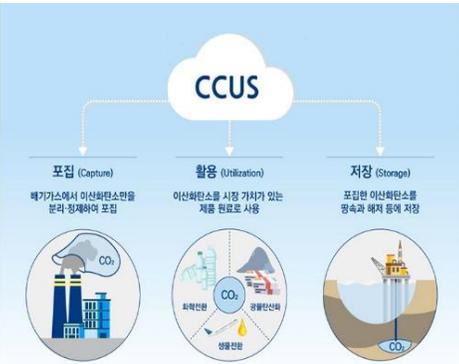
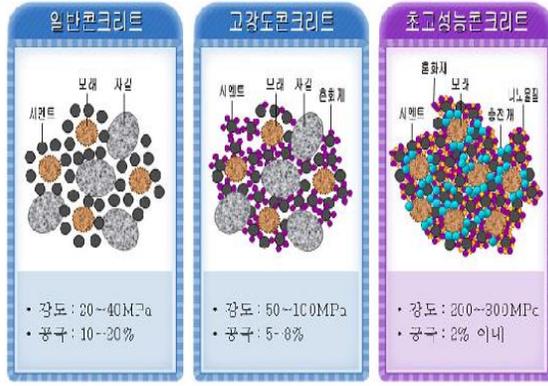


고강도/경량 콘크리트, 고강도철근

경량화 설계 및 재료기술, 최적화 설계기술

5. 중점추진사항

목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

탄소중립기술 A	콘크리트 품질 및 내구성 B	콘크리트 설계, 평가 및 유지관리 E	행정 및 제도 H
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 킬른 효율 개선 ❖ CCUS ❖ 대체 연료 사용 ❖ 대체 결합재 개발 ❖ 크링커 원료 대체 ❖ 혼합시멘트 사용 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 콘크리트 배합 개선 ❖ 노출수준에 맞춘 최적화 설계 ❖ 과다사용 방지 ❖ 구조요소의 재사용 ❖ 구조 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 고강도 콘크리트 사용 ❖ 고강도 철근의 사용 ❖ 고성능 철근 대체재 사용 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 탄소중립 기술표준 개발 및 인증체계 구축 ❖ KS 표준 제개정 ❖ 콘크리트 시방서 개정 ❖ 그린 건설 기준 개정 

저탄소 시멘트 생산기술, 시멘트 대체재

고강도철근 대체재, 저탄소 설계기술, 최적화설계 기술

5. 중점추진사항

목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

콘크리트 산업의 생산성

C

- ❖ 노동력 감축형/현장작업 최소화 시공기술 개발



- ❖ 자동화/로봇 기술을 위한 설계자동화(DFA) 및 시공 통합관제 기술 개발



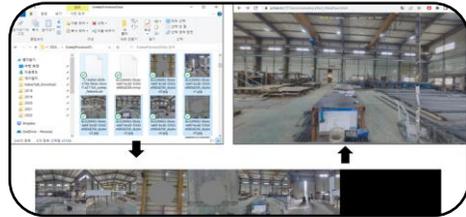
디지털, 미래 융합 기술,
4차 산업기술

F

- ❖ 비대면 원격 구조 및 시공감리 기술 개발



- ❖ 공사현장 실시간 지능형 안전 관리기술 및 시공-품질 관리



차세대 인력 양성을
위한 교육과 고용

G

- ❖ 안전관리 엔지니어 양성



- ❖ 디지털 안전관리기술 교육



행정 및 제도

H

- ❖ 소규모건축물의 공동안전 관리를 위한 지역건축안전센터 운영
- ❖ 원격 디지털 감리, 관리제도 법제화

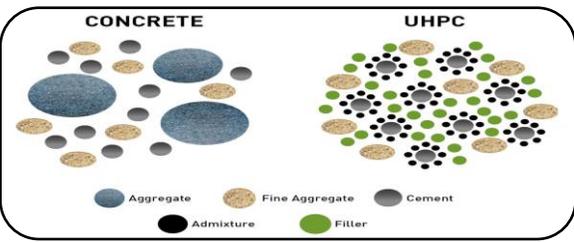
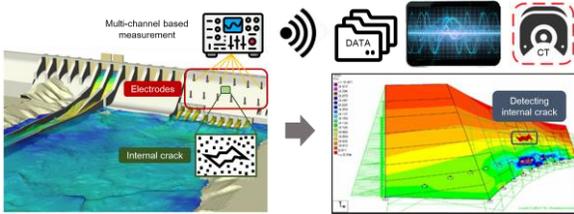
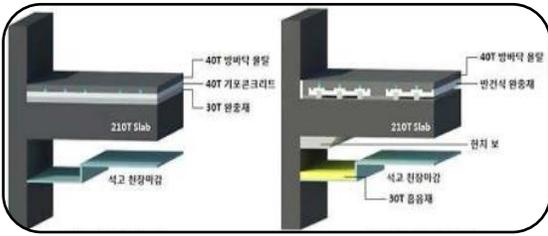


현장작업 단축기술(기계화, 조립식)

디지털 안전관리 기술, 소규모 현장 관리기술

5. 중점추진사항

목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

<p>고성능 재료</p> <p>D</p>	<p>콘크리트 설계, 평가 및 유지관리</p> <p>E</p>	<p>디지털, 미래 융합 기술, 4차 산업기술</p> <p>F</p>	<p>행정 및 제도</p> <p>H</p>
<p>❖ 구조물 안전진단 자동화를 위한 스마트 콘크리트 기술</p>  <p>❖ 기후변화 및 방호성능을 반영한 구조물 설계 및 재료기술</p> 	<p>❖ 층간소음 저감형 마감재료 및 뜬 바닥 구조 설계기술</p>  <p>❖ 민간 방호인프라 구축 설계 시공 기술확보</p> 	<p>❖ 첨단 안전진단 핵심요소기술/ 유지관리분야 연동기술</p>  <p>❖ 구조물 안전진단 및 유지관리 무인화 기술 개발</p> 	<p>❖ 재건축, 리모델링 활성화를 통한 민간건축물 내진율 향상</p> <p>기존·신 보강기술 DB 구축</p>  <p>❖ 내진보강 표준화 및 로드맵 구축</p> <p>내진보강 표준지침</p> 

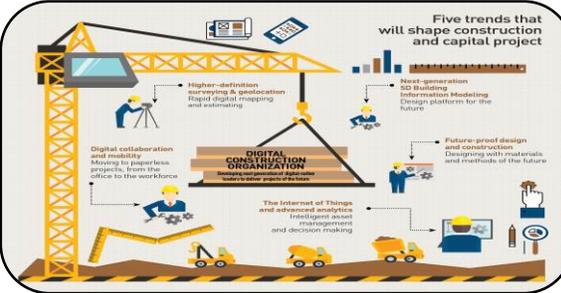
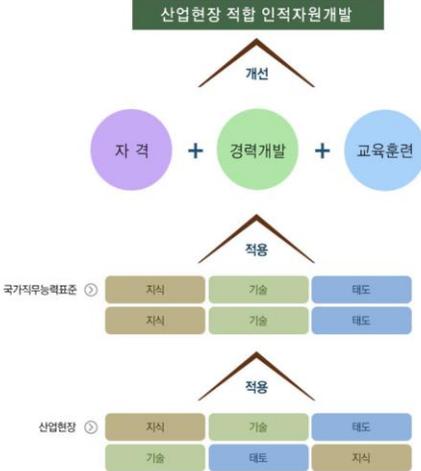
고성능 재료기술

방재설계 및 유지관리기술

사용자 만족도 향상기술

5. 중점추진사항

목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

<p>콘크리트 산업의 생산성</p> <p>C</p>	<p>콘크리트 설계, 평가 및 유지관리</p> <p>E</p>	<p>차세대 인력 양성을 위한 교육과 고용</p> <p>G</p>	<p>행정 및 제도</p> <p>H</p>
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 공기단축/기계화공법 등 생산성 향상 ❖ 해외 건설경쟁력 확보를 통한 일자리 확보  	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 디지털 설계 및 유지관리 일자리 창출 ❖ 원전, 스마트시티, 대형시설물 건설기술확보  	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 디지털 건설 대학교육 확대 ❖ 디지털 건설 재교육 시스템 구축  	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 기술우대 PQ 제도 ❖ 기술자격 우대 정책 ❖ 디지털융합기술 우대 정책 ❖ 디지털 엔지니어 자격제도 

고부가가치 ENG기술력 향상, 해외 건설시장확보

융복합 기술 교육, 디지털 엔지니어 자격제도

Concrete Vision 2050

Part II - 목표별 중점추진사항

2024. 2. 7.

콘크리트 비전 2050 위원회

01 목표 1 : 콘크리트 산업 **생산성 2.5배** 향상

02 목표 2 : **200년** 수명 **고품질 아파트 및 인프라시설** 건설

03 목표 3 : **콘크리트와 철근 사용량 20%** 감축

04 목표 4 : 콘크리트 **탄소배출량 80%** 감축

05 목표 5 : 콘크리트 공사 **재해율 40%** 감축

06 목표 6 : 시설물 **방재능력 및 사용자 만족도** 향상

07 목표 7 : **건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50%** 창출

08 **중점추진사항과 주요사업요약**

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

08 중점추진사항과 주요사업요약

건설산업 노동생산성 저하 심각

대한 전문건설신문



HOME > 뉴스종합 > 기획

“건설산업 노동생산성 저하 심각...생산효율 향상·고부가가치화 노력해야”

김원진 기자 | 승인 2022.05.09 17:49 | 댓글 0

건설산업의 노동생산성이 지난 10년간 하락세를 보이는 가운데 건설기업과 산업의 성장을 위해서는 생산효율 향상과 고부가가치화를 위한 노력이 지속돼야 한다는 주장이 제기됐다.

한국건설산업연구원은 9일 발간한 건설동향브리핑 '건설업 노동생산성 하락, 산업 효율성 떨어져' 보고서 통해 이같이 밝혔다.

연구원은 코로나19의 영향이 컸던 2020~2021년 기간 동안 우리나라 산업 전반의 노동생산성은 향상됐으나 건설산업의 노동생산성지수는 지난 10년간 전반적으로 하락세를 보였다고 설명했다.

지난해 국내 전산업의 부가가치 노동생산성은 113.3(2015년 100 기준)으로 전년 대비 3.8% 증가했으나 건설산업의 부가가치 노동생산성지수는 94.9로 전년 대비 2.5% 감소했다고 연구원은 비교·분석했다.

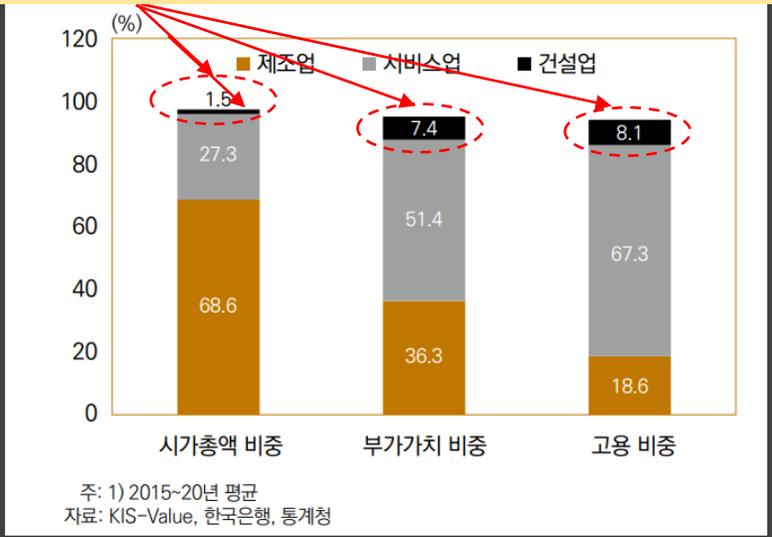
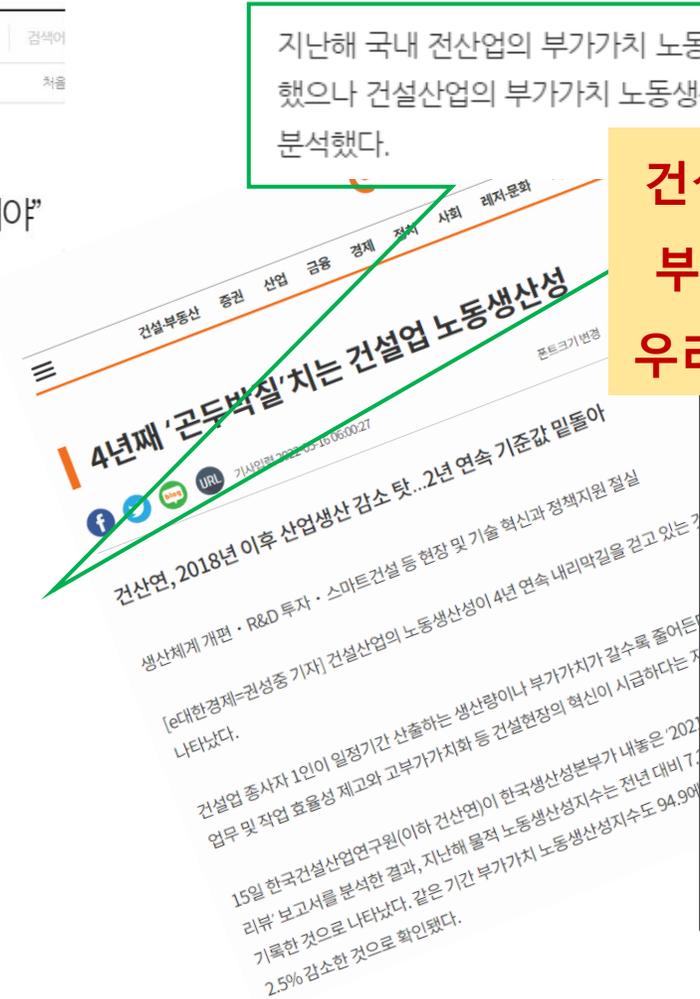
부가가치 노동생산성은 근로자 한 명이 1시간에 생산하는 부가가치액을 의미하는 것으로, 지수의 감소는 그만큼 기업과 산업의 효율성이 떨어지고 부가가치의 창출이 어려워졌다는 의미다.

성유경 연구위원은 “최근 전 세계 경제성장률 전망치는 하향 조정되고, 국내 생산자물가지수는 기록적인 상승을 보이는 등 경제 지표가 악화되고 있으며, 건설산업의 노동생산성 저하를 심화시킬 요인이 커지고 있다”며 “건설기업과 산업의 성장을 위해 생산효율 향상과 고부가가치화를 위한 노력을 지속해야 한다”고 주장했다.

[김원진 기자] wjk@kosca.or.kr

지난해 국내 전산업의 부가가치 노동생산성은 113.3(2015년 100 기준)으로 전년 대비 3.8% 증가했으나 건설산업의 부가가치 노동생산성지수는 94.9로 전년 대비 2.5% 감소했다고 연구원은 비교·분석했다.

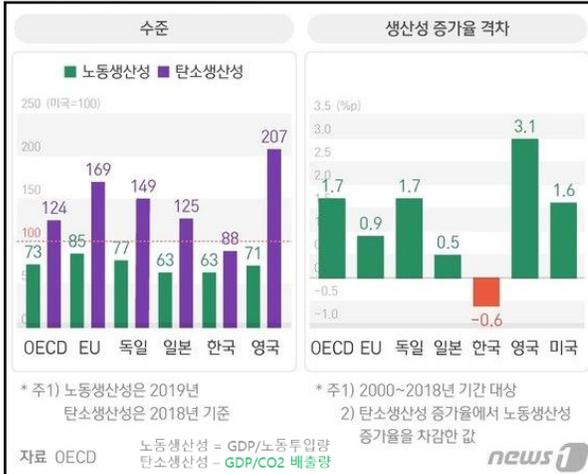
건설업 상장사의 시가 총액 비중 1.5%, 부가가치 비중 7.4%, 고용 비중 8.1%, 우리나라 실물 경제에 끼치는 영향이 큼



우리나라 주식시장 실물경제의 대표성 분석, 한국은행, 2021

건설시장 환경 변화

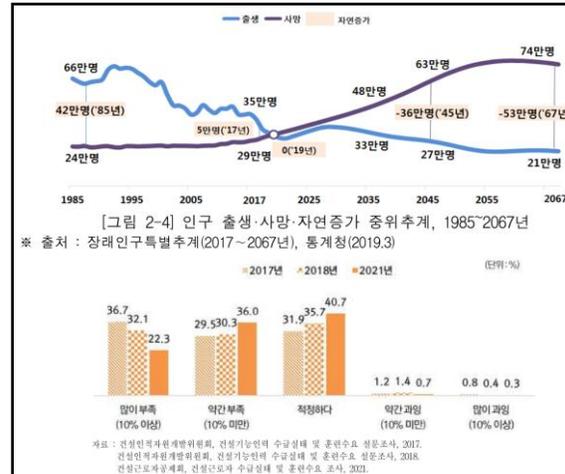
건설시장의 비용 증가



□ 탄소중립

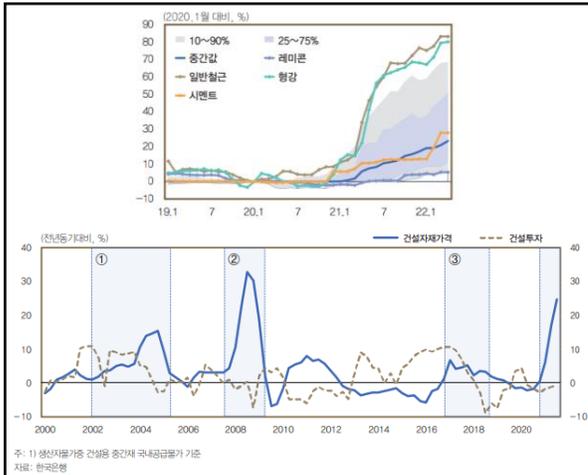
- 생산성-탄소생산성 비례관계
- 제조업 기반의 경우, 노동생산성 > 탄소생산성
- 콘크리트 산업의 생산성 향상은 탄소 생산성 향상을 도모할 수 있으며 탄소 중립에 기여 가능

건설시장 노동인력 감소



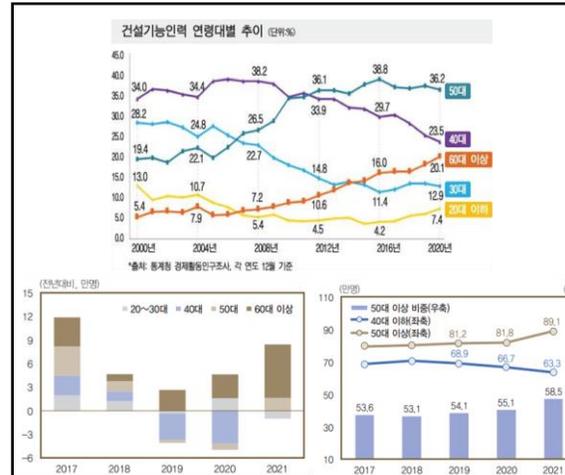
□ 노동인력 수급 부족

- 인구절벽으로 2045년 출생 27만 명, 사망 63만 명으로 36만 명의 인구 감소 예상
- 건설현장 숙련인구 부족 심각
- 외국인 노동자 증가로 품질 하락



□ 원자재 가격 상승

- 글로벌 공급망 교란에 따른 건설 자재 가격 급등, 최근 30% 이상 공사비 증가
- 건설사 수주 및 수익 저하 유발



□ 노동력 고령화 및 숙련공 부족

- 숙련도 및 기능전수 불가
- 최근 5년간 취업자수는 50~60대 이상의 고연령층 위주
- 노동생산성이 높은 것으로 평가 되는 40대 이하 감소

건설산업 규제 환경 강화 및 산업생산 방식 급격한 전환

건설산업 규제 강화

경제계가 지적하는 중대재해처벌법 문제점

- 형사처벌 책임자는 '경영책임자' 범위 모호
- 직업성 질병의 중증도 기준 없어
- 경미한 질병도 중대재해처벌 가능
- 준비 시간 촉박, 최소 1년 이상 계도 기간 필요
- 처벌 하한 규정 둔 탓에 과도한 형사처벌 위험

건설업

- 전체 458명
- 떨어진 236명 (52%)
- 물체에 맞음 42명 (9%)
- 부딪힘 38명 (8%)
- 화재 36명 (8%)
- 갈림·뒤집힘 33명 (7%)
- 그밖의 형태 73명 (16%) ETC

- **중대재해처벌법**
- 사고/사망 만인율이 높음
 - 사고 발생시 작업 중지 등 기업/사회비용 증가와 공기 지연
 - 안전관리 강화에 대한 이슈

건설 회사 노무비 늘어나거나

- 직접 노무비 8.9%
- 간접 노무비 12.3%

근로자 임금 줄어들거나

- 원도급 관리직 -10.3%
- 하도급 관리직 -15.4%
- 기능 인력 -8.8%

근로시간 단축애로사항 (단위%)

- 공사품질 저하 3.4
- 공사현장 근로자 고용의 어려움 12.1
- 공사기간 및 공사비 증가 34.0
- 기타 0.6
- 발주기관의 무관심 16.8
- 경영상태 악화 33.1

자료=한국건설산업연구원

- **주 52시간 근무제**
- 근무시간 단축으로 공사비 및 공기 증가에 의한 경영 악화
 - 장시간 노동의 노동생산성 저하 및 산업재해 증가 원인

□ **ESG**

- 폐기물 저감, 소음/분진 규제
- 도심지 공사 민원 발생 증가
- 규제 및 작업 환경 변화에 따른 현장작업 최소화 필요
- 특수 작업자 필요

스마트 기술 적용을 통한 생산성 향상 요구

4차 산업기반 스마트 건설 기술 활용 요구

- 전산업의 지능화 기술 활용
- 공기단축, 인력투입 절감
- 건설공사 + DNA 기술 접목
- 생산성, 안전성, 품질 등을 향상 시켜 산업 기술의 발전 견인
- 스마트 건설기술 로드맵 적용

□ **생산방식에 대한 패러다임 변화**

- 스마트 팩토리의 등장
- 생산성 증대와 투자 비용 저감의 핵심으로 다품종 소량생산화 선호
- 하이테크 기술을 접목시킨 요소 기술의 등장

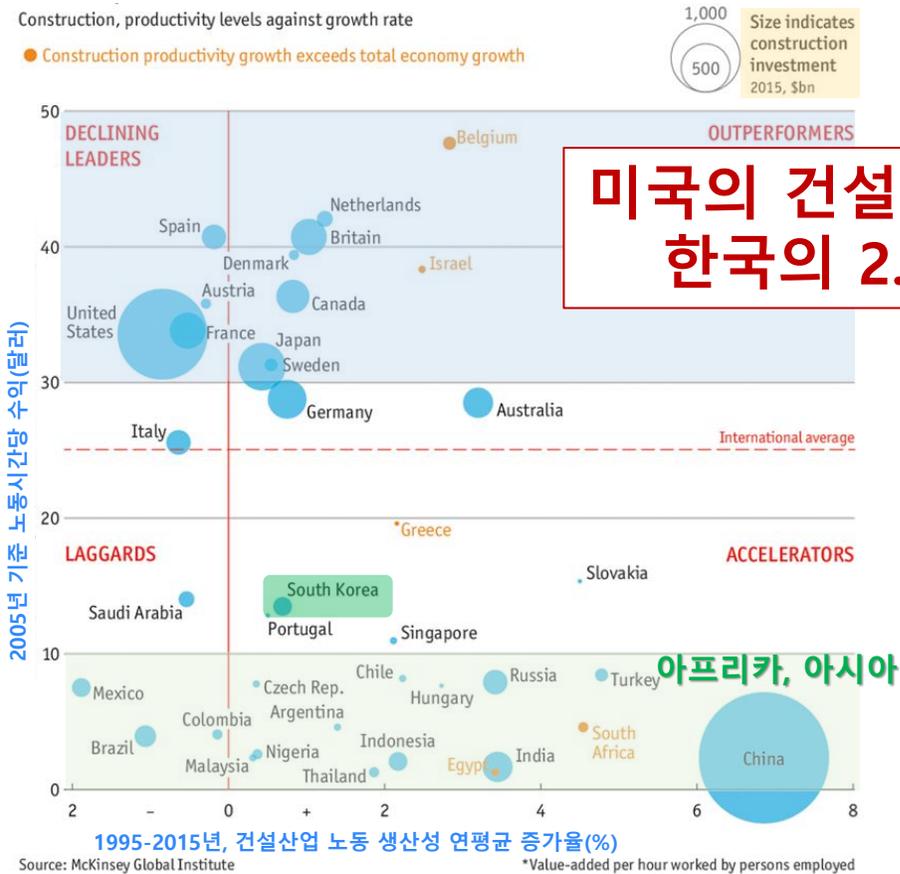
스마트 팩토리

DIGITAL TWIN

건설산업 생산성: 한국 \$14/h, 선진국(미국) \$34/h ▷

건설산업 노동생산성 = 생산지수(건설공사기성액)/노동시간

국내 건설 기간은 미국 대비 2.3배
민간 후분양제, 공공시설 예산



미국의 건설생산성
한국의 2.4배

아프리카, 아시아

<건설산업 노동 생산성 현황>

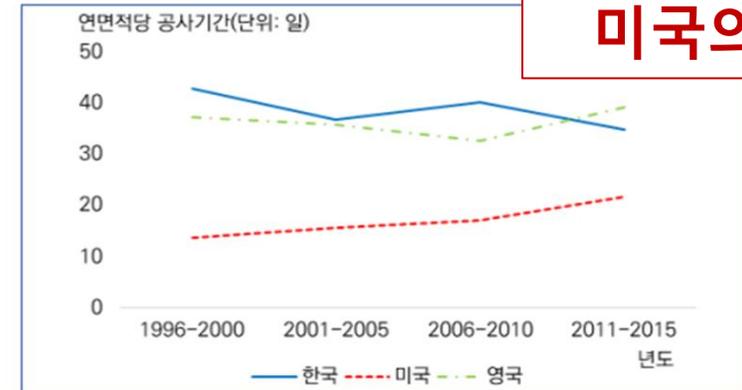
<연면적당 공사기간(1996-2015)>

연도	한국 272개	미국 194개	영국 186개
1996-2000	42.8	13.5	37.2
2001-2005	36.7	15.5	35.7
2006-2010	40.0	16.9	32.5
2011-2015	34.6	21.5	39.1
평균 공사기간	38.5	16.8	36.1
표준편차	3.6	3.4	2.8
평균 공사기간 증가율	-6.3%	17.0%	2.5%
총 공사기간 증가율	-19.3%	59.0%	5.3%

자료: 저자 작성.

약 2.3 배

<연면적당 공사기간(1996-2015)>



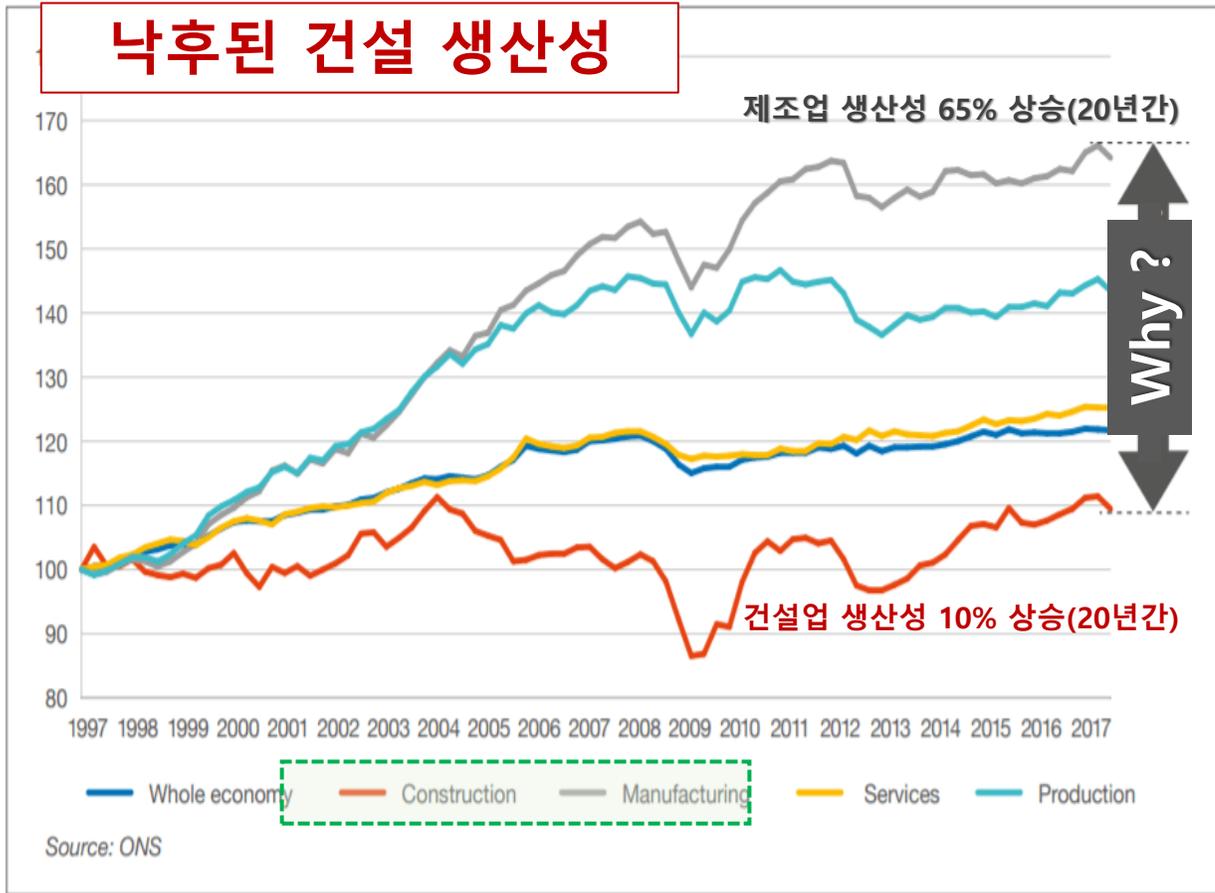
한국의 공사기간
미국의 2.3배

나라별 건설 생산성 분석 및 기술 개발 방향, 이치주, 국토연구원 2020.12.

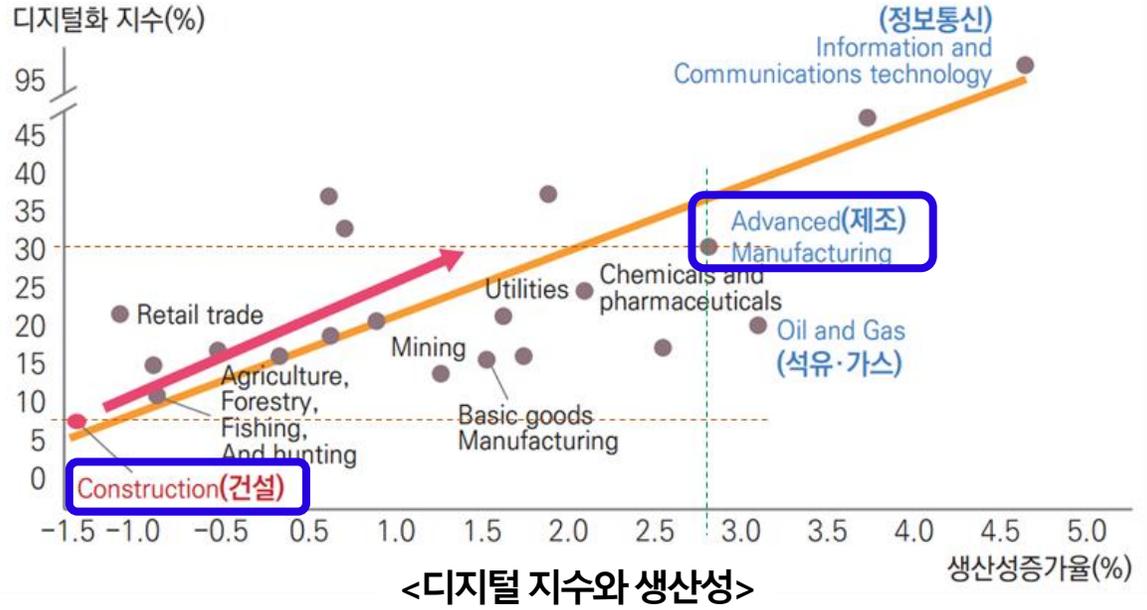
<나라별 생산성 분석>

건설산업 디지털화: 건설업 6%, 제조업 30% ▷

Chart 1: Productivity Growth - Output per worker (1997=100)



<산업별 생산성>



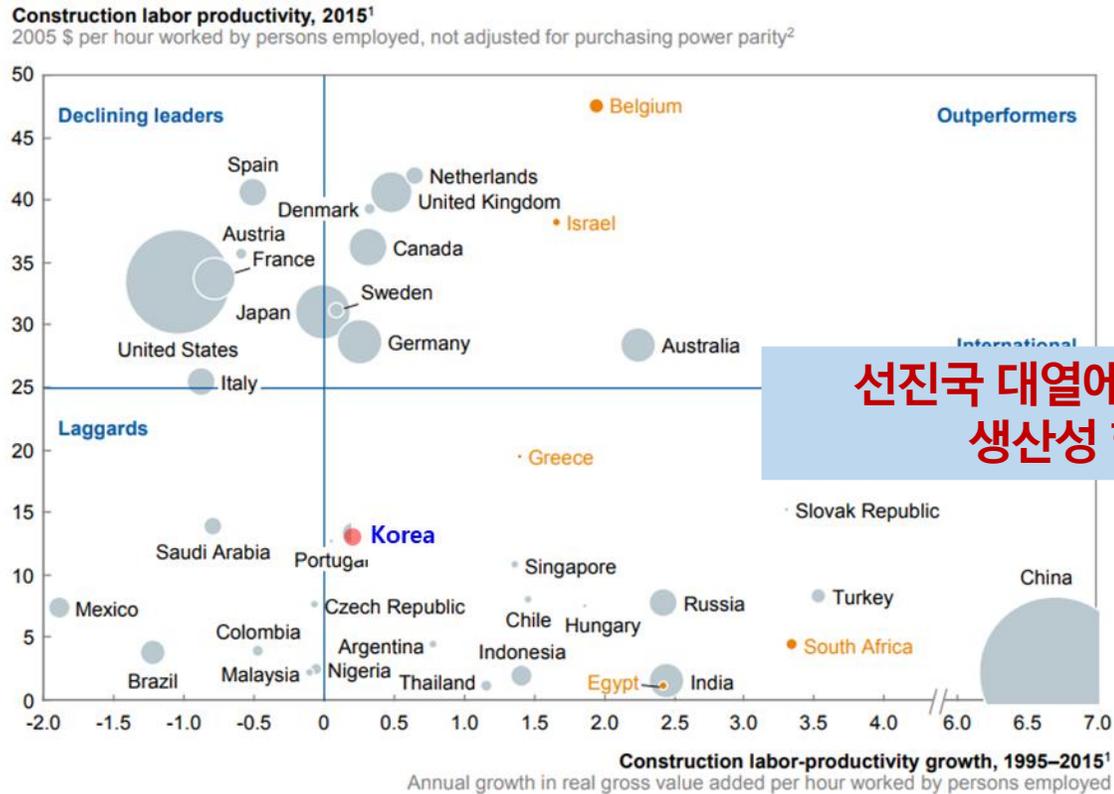
	기존 건설산업	디지털 전환(DX)	디지털 건설산업
생산 체계	<ul style="list-style-type: none"> 생산체계의 분산 및 파편화 업종 단순화 및 분업화 	→	<ul style="list-style-type: none"> 생산체계의 통합과 융합화 업종 통합 및 기술의 융합화
시장	<ul style="list-style-type: none"> 경제인프라 중심 기반시설 구축 현장중심의 전통산업(근로시간 9to5) 	→	<ul style="list-style-type: none"> 사회인프라 중심 스마트시설 공급 디지털 기반 스마트산업(off-site, 24hr 가동)
기업	<ul style="list-style-type: none"> 경영자&경상 조직중심 노동 신축(신규) 투자 중심 	→	<ul style="list-style-type: none"> 사업조직 중심 스마트 유지보수 투자 중점
인력	<ul style="list-style-type: none"> 장비중심의 노동집약 기능인, 임시직 위주 양적 고용 중심 	→	<ul style="list-style-type: none"> 모듈화, 자동화 등 기술 중심 운전자(operator), 기술기반 질적 고용

<디지털 건설산업의 전환 방향>

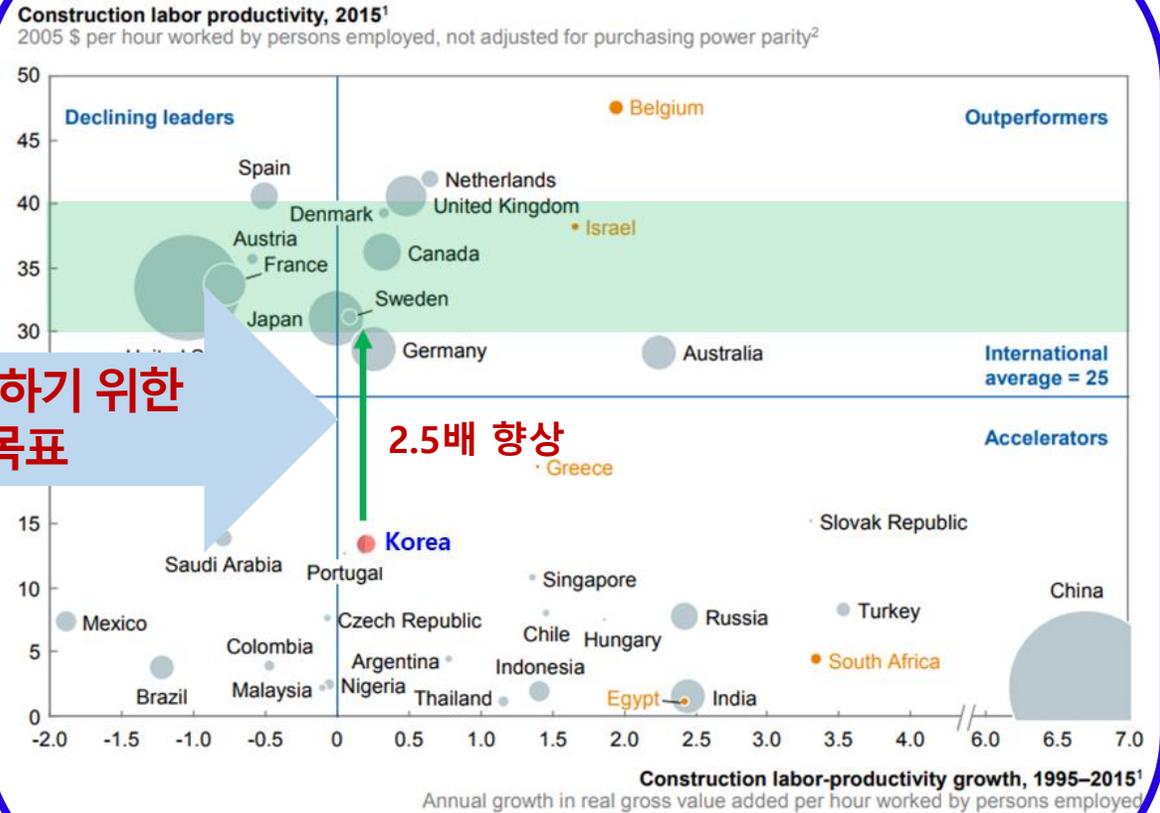
2050년 콘크리트산업 생산성 2.5배 향상

현황 및 사회적 니즈

목표



선진국 대열에 합류하기 위한
생산성 향상 목표



1.3 목표

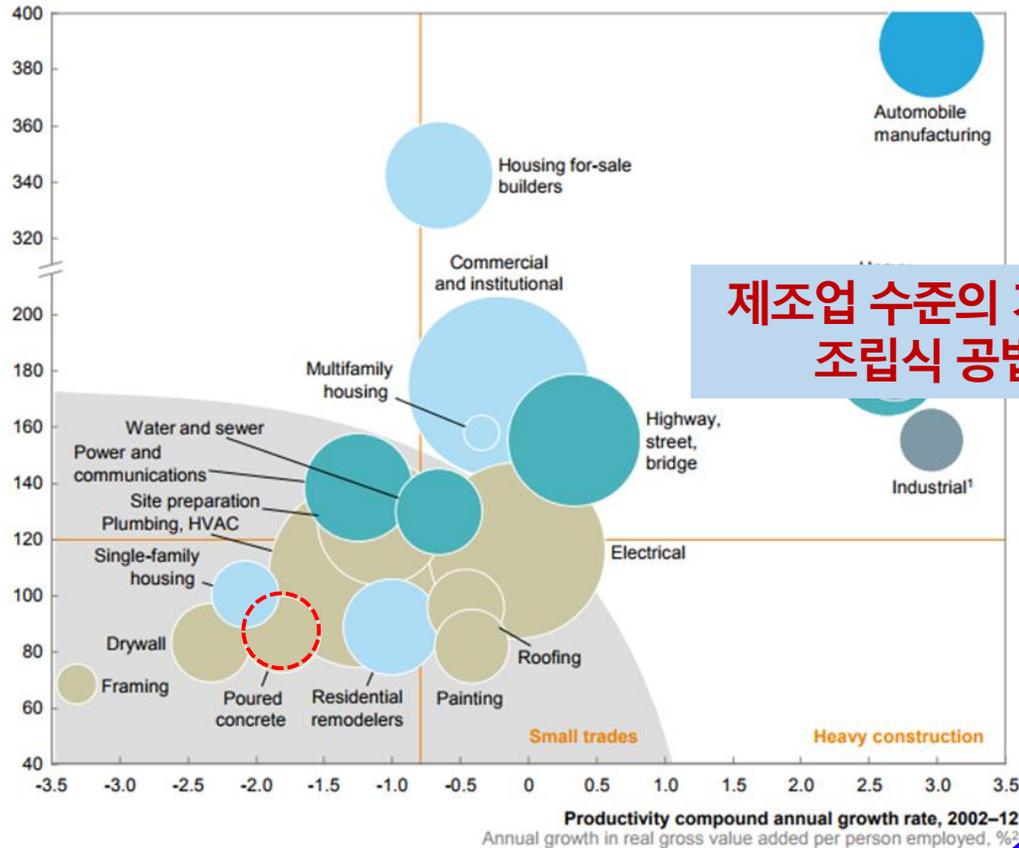
타산업대비 생산성 향상목표

2050년 콘크리트산업 생산성 2.5배 향상

현황 및 사회적 니즈

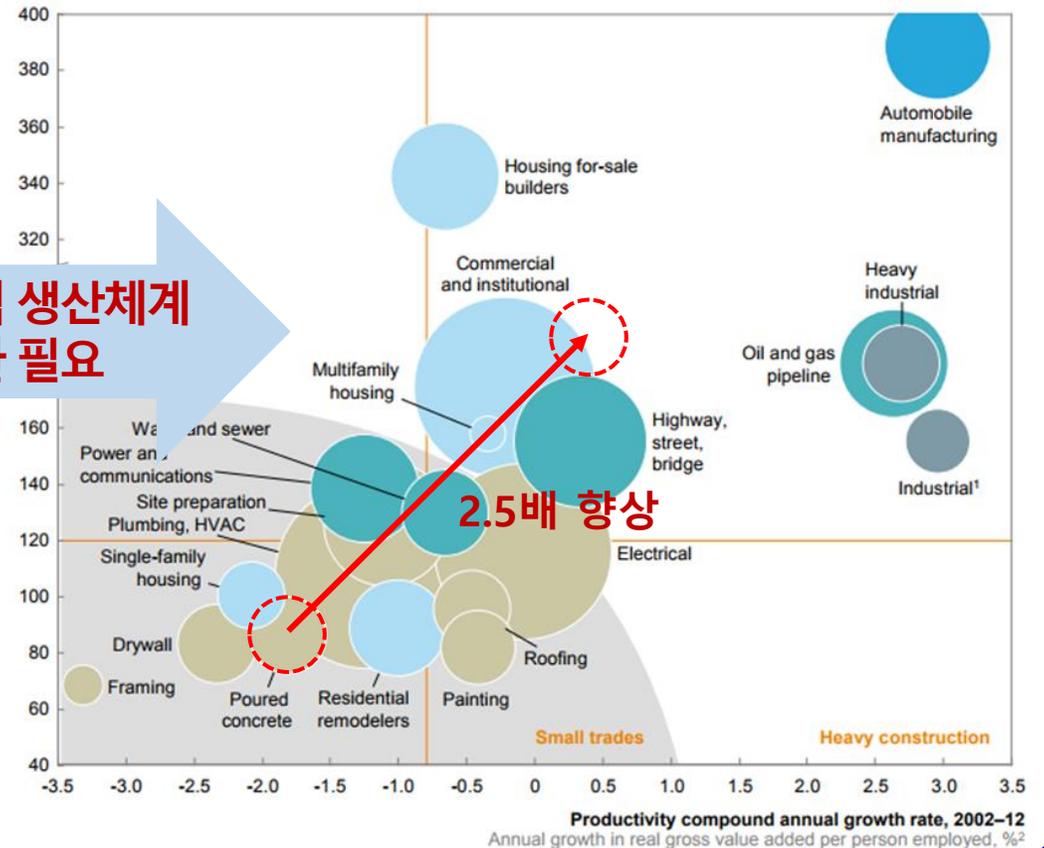
목표

Productivity, 2012
\$ thousand per person employed, 2015 \$



제조업 수준의 기술집약적 생산체계
조립식 공법으로 전환 필요

Productivity, 2012
\$ thousand per person employed, 2015 \$



2.5배 향상

콘크리트산업 생산성 2.5배 향상

현황 및 사회적 니즈

- ❖ **건설시장 환경 변화에 따른 생산성 저하**
 - 노동인력 감소 및 노무비 급증
 - 자재비 상승
 - 탄소중립 강화 기조
- ❖ **건설산업 규제 강화로 인한 비용 증가**
 - 중대재해처벌법
 - 레미콘 운송 85제
 - 주 52시간 근무제
- ❖ **스마트 기술 적용과 생산성 향상 요구 확대**
 - 디지털화 설계 기술 도입
 - 기계화 및 자동화 생산 기술 도입

세부 목표

- ❖ **설계 및 관리 BIM 일관체계 구축 및 보급**
 - 전 공정 설계 BIM 일관 체계 구축
 - 시공 유지관리를 위한 real time BIM 체계 구축
- ❖ **디지털 생산 및 시공기술 개발**
 - 3D 프린터 기술 활용 콘크리트 생산기술 개발
 - 로봇 및 드론 활용 콘크리트 자동화 시공 기술 개발
- ❖ **조립식 공법 및 기계화 시공기술 개발**
 - 조립식 PC 공법의 개발 및 적용 확대
 - 현장공사의 생산성 향상을 위한 가설구조 및 기계화 시공법 개발 및 적용
 - 조립식 및 기계화 공법을 위한 구조설계기준 및 시방서 개발
- ❖ **생산시스템 선진화를 위한 통합 플랫폼 개발**
 - 생산시스템 선진화 기술 정보 축적 및 유통 플랫폼 구축
 - 디지털 생산 및 시공기술 교육 체계 구축
 - 생산 및 시공 디지털화 및 기계화 정착 제도 및 정책 정비

콘크리트산업 생산시스템의 선진화

세부목표 1	세부목표 2	세부목표 3	세부목표 4
<p>설계 및 유지관리 BIM 통합 체계 구축 및 보급 (설계자동화기술)</p> <ul style="list-style-type: none"> 전 공정 설계 BIM 통합 체계구축 시공 및 유지관리를 위한 real time BIM 체계 구축 	<p>디지털 시공 및 생산 기술 개발 (디지털, 로봇 기술)</p> <ul style="list-style-type: none"> 3D 프린터 기술 활용 콘크리트 생산 기술 개발 로봇 및 드론 활용 콘크리트 자동화 시공 및 유지관리 기술 개발 무인화 시공 및 유지관리기술 	<p>조립식 공법 및 기계화 시공 기술 개발 (기계화 조립식 공법)</p> <ul style="list-style-type: none"> 조립식 PC 공법의 개발 및 적용 확대 현장공사 생산성 향상을 위한 가설구조 및 기계화 시공법 개발 및 적용 조립식 및 기계화 공법 적용을 위한 구조설계/시방서 개발 	<p>생산 시스템 혁신을 위한 통합 플랫폼 개발 (인프라 구축)</p> <ul style="list-style-type: none"> 생산 시스템 선진화 기술 정보 축적 및 유통 플랫폼 구축 디지털 생산 및 시공 기술 교육체계 구축 생산 및 시공 디지털화 및 기계화 정착 정책 정비

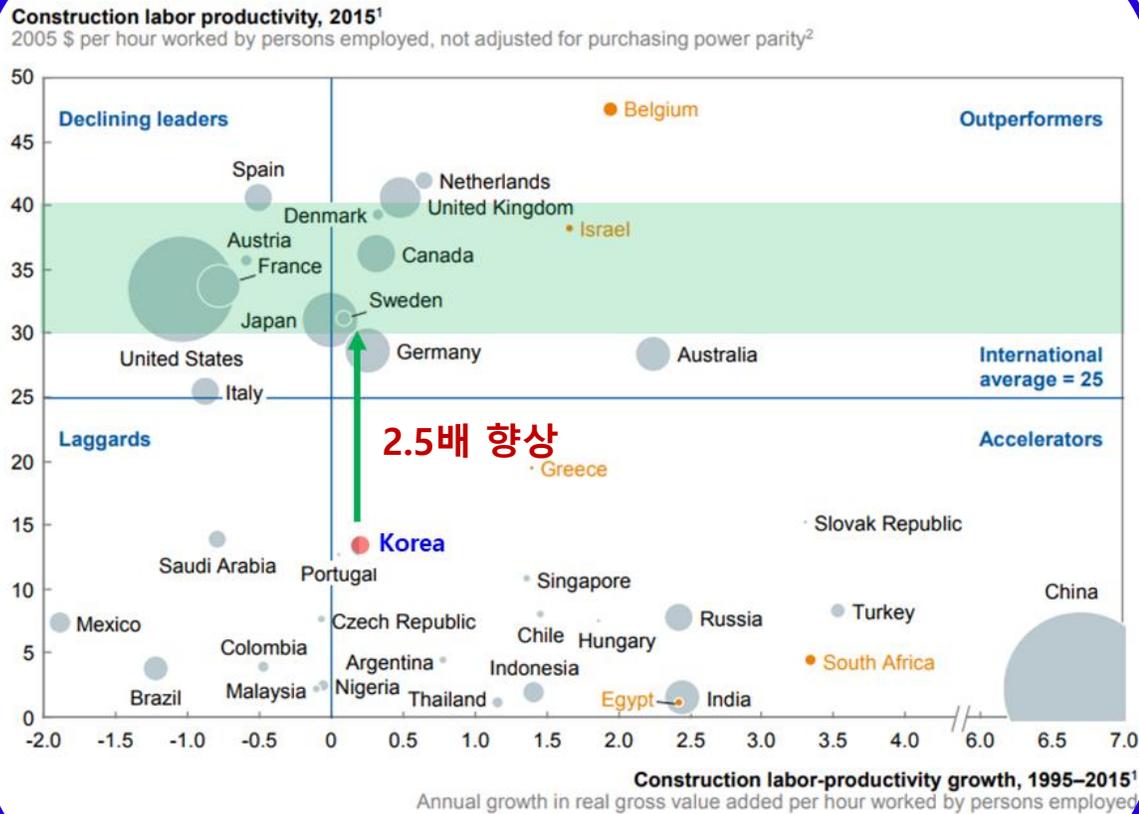
2050년까지 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

선진국수준의 건설 생산성 확보

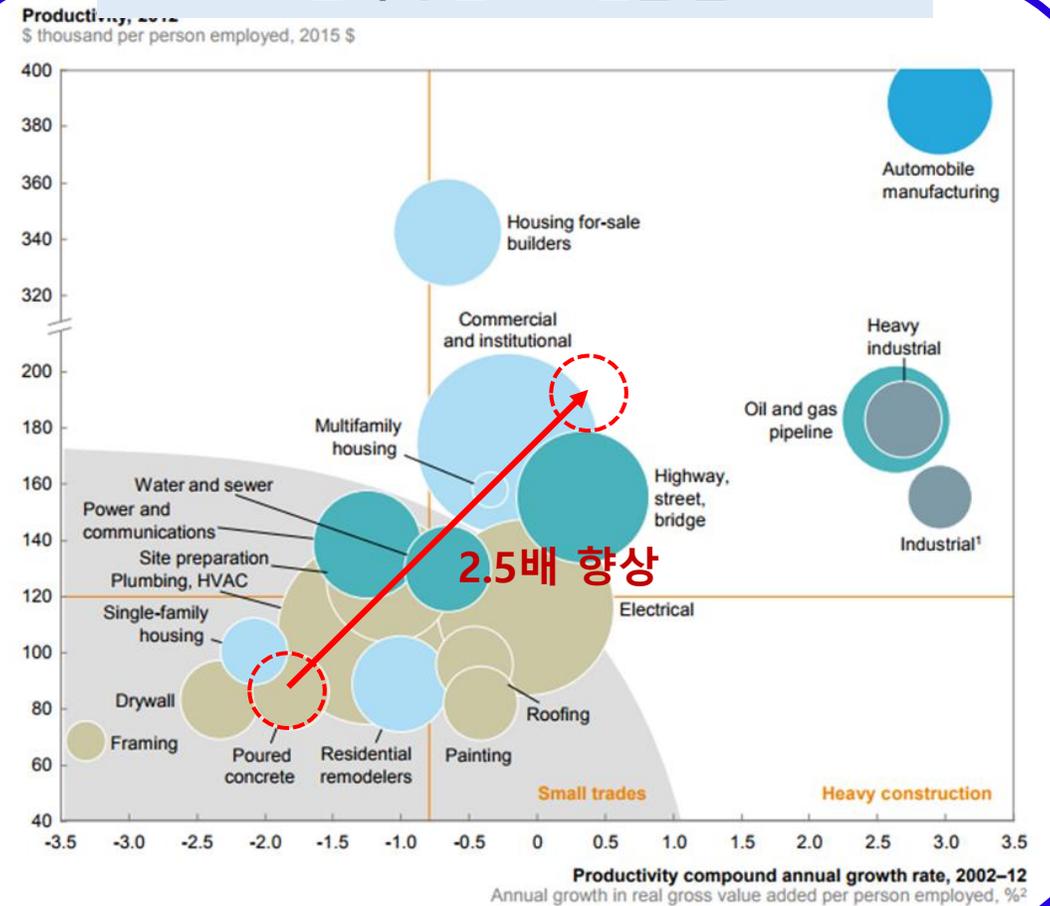
골조 공사기간 30% 단축
 현장 작업시간 30% 감축
 조립식구조(PC OSC, 합성구조) 30% 확대
 사망사고만인율 30%, 탄소배출 15%, 폐기물량 40%
 부가가치 2.6배

2050년 콘크리트산업 생산성 2.5배 향상

건설 선진국 대열 합류 위한 건설 생산성 향상 목표



제조업 수준의 기술집약적 생산체계 조립식 공법으로 전환 필요



세부목표 1) 설계 및 유지관리 BIM(빌딩정보모델링) 통합 체계 구축 및 보급

설계 전 과정 BIM 통합 체계 구축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 설계변경 및 시공오류에 따른 **품질 저하**, 비용 및 공기 증가
- ❖ 20년간 건설업 연평균 생산성 증가율은 전체 산업(2.7%)의 37% 수준
- ❖ 디지털화 수준 약 6%로 제조업 28%에 비하여 **매우 낮음**
- ❖ 기획, 설계, 시공, 유지관리 단계 정보의 분절화



비전

- ❖ 공기/공사비 10-30% 절감(해외 사례)
- ❖ 설계변경 22-89%, 재작업비 9% 감소(Mckinsey '19) - **생산성 15% 향상**
- ❖ **설계정보 빅데이터화 50% 이상** 구축(국토부 연구결과)
- ❖ 건설산업의 자동화 및 디지털 트윈 기반의 유지관리 기반 구축

중점추진사항

BIM 전면설계 방식 도입

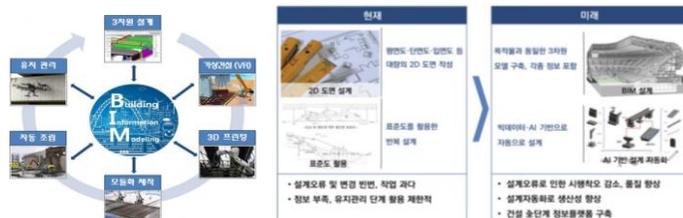
- ❖ 2D+BIM 병행설계 방식에서 전면설계 방식으로 전환 방안 모색
- ❖ BIM 표준 프레임워크 및 운영 서비스 개발
- ❖ 설계 지원 및 응용 서비스 개발

BIM 전면 도입 제도 및 정책 정비

- ❖ 공통 BIM 기준 및 지침, 가이드라인 개선
- ❖ BIM 평가 및 지원 제도 마련
- ❖ BIM 제도 건설산업 전생애주기로 확대 운영 및 지원 체계 마련

BIM 운용 전문인력 육성

- ❖ 대학, 전문교육기관을 법정교육기관 지정/운영
- ❖ BIM 경력관리 및 인증 체계 도입
- ❖ 민간 교육 프로그램 확대 방안 마련



세부목표 1) 설계 및 유지관리 BIM(빌딩정보모델링) 통합 체계 구축 및 보급

시공 및 유지관리를 위한 Real Time BIM 체계 구축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 설계사 및 성과물 중심 3D 형상 지원 기술 수준의 BIM, 시공단계 BIM 적용을 위한 추가비용, 관리인력 소요
- ❖ 건설산업의 생애주기 연계 및 실시간 정보 활용 BIM 체계 부재
- ❖ 설계, 시공, 유지관리 단계 정보의 단절에 따른 오류 및 비용 발생



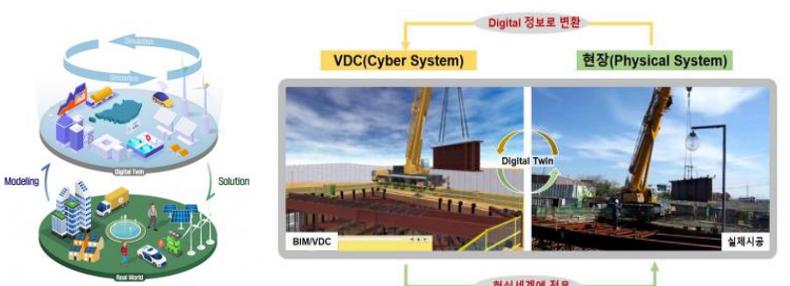
비전

- ❖ 시공 및 유지관리 단계 BIM 활용에 따른 관리인력 30% 절감
- ❖ BIM 기반 실시간 시공 및 유지관리 체계 구축에 따른 안전 및 에너지 사용 최적화
- ❖ 건설산업 전 생애주기 공정 DX 전환율 30% 향상-생산성과 안전성 향상

중점추진사항

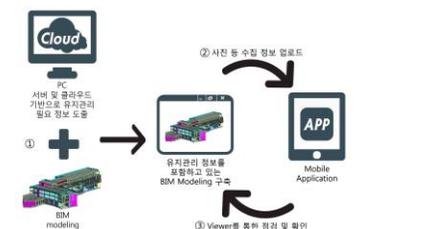
BIM 기반 시공 및 유지관리 요소기술

- ❖ BIM 기반 가상공간(디지털 트윈) 구현 기술 개발
- ❖ 설계, 시공 및 유지관리 정보 통합 기술 개발
- ❖ 설계 전과정 BIM 통합 체계의 검증 및 보완



실시간 시공/유지관리 모니터링 시스템 구축

- ❖ 3D 스캐닝과 BIM 활용 시공오차 관리 기술
- ❖ IoT, 드론, 센서를 활용한 실시간 시공/유지관리 모니터링 기술
- ❖ AI 기반 콘크리트 구조물의 시공 및 유지관리



BIM 기반 전생애주기 관리 시스템

- ❖ 설계-시공 통합체계를 이용한 시공하자 및 오류 관리 기술
- ❖ BIM 기반 유지관리 정보 통합 및 시뮬레이션 기술 개발



세부목표 2) 디지털 생산 및 시공기술 개발

3D 프린터 기술 활용 콘크리트 생산 기술 개발

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 인건비 및 재료비 상승에 따른 건설비용 증가
- ❖ **숙련공 부족 및 규제 환경 강화**에 따른 공기 증가
- ❖ 다양한 사회적 요구에 따른 **비정형 구조물에 대한 수요 증가**
- ❖ ESG에 대한 사회적 관심 증가에 따른 **탄소저감, 폐기물 저감 요구 증가**



비전

- ❖ 원자재, 노동력, 운송비 절감과 인건비 최대 80% 절감
- ❖ **3D 프린팅 기술 적용**에 따른 공기단축(6개월 공정을 1개월 내로 단축)
- ❖ 설계자의 설계 가능성을 향상하고 **비정형 디자인 구현 가능**
- ❖ 에너지 사용량 저감(탄소저감), 폐기물 발생량 70% 감소

중점추진사항

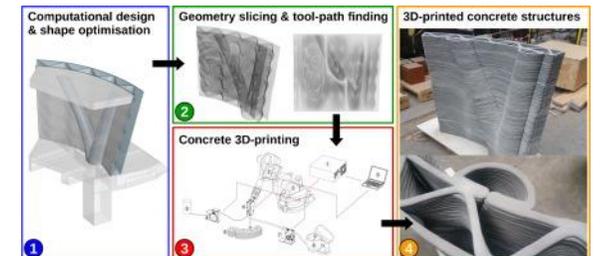
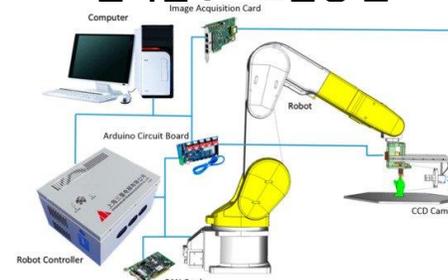
3D 프린팅용 콘크리트 개발

- ❖ 3D 프린팅 시공 맞춤형 재료 생산 및 공급 기술
- ❖ 재료의 제조, 보관, 이송 품질관리 기술 개발
- ❖ 3D 프린팅 재료의 신뢰성 평가 및 표준 개발
- ❖ 3D 프린팅 콘크리트의 활용 Mock-Up 구조물 제작



3D 프린팅 기반 설계 및 시공 통합 시스템

- ❖ 설계 전과정 BIM 정보기반 3D 프린팅 구현 시스템 구축
- ❖ 3D 프린팅 콘크리트와 보강근 시공 기술 및 장비 개발
- ❖ 실시간 3D 프린팅 콘크리트의 정보 취득 및 결함 검측 시스템



세부목표 2) 디지털 생산 및 시공기술 개발

로봇 및 드론 활용 콘크리트 자동화 시공 및 유지관리 기술

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 국내 건설기업의 스마트 기술 적용 현황(건설산업연구원) 최고 및 최저 활용 기술 드론(19.5%), 로봇기술(5.5%)



비전

- ❖ 10년 내 드론(71.6%) 및 지능형 건설장비 및 로봇 기술(54.2%)로 활성화 예측(한국건설산업연구원, 2019)
- ❖ 숙련공 기능 인력 대안, 고위험 작업에 대한 무인장비 활용 안전성 향상
- ❖ 무인 자동화 장비에 따른 정밀시공으로 품질 향상

중점추진사항

드론 및 로봇 활용 시공 및 유지관리 기술

- ❖ 드론 및 로봇을 이용한 현장 계측 및 모니터링 기술
- ❖ 로봇을 활용한 콘크리트 구조물의 손상감지, 보수, 보강 기술
- ❖ 드론 활용 고층구조물의 초실감 영상 모니터링 기술 확보
- ❖ 고위험 공정의 건설 자동화에 의한 안전성 향상 기술



무인화 장비 계측 정보 기반 인공지능 건설 플랫폼

- ❖ 자율주행 및 영상 센서 기반 인공지능 활용 위험 감지 로봇 활용 기술
- ❖ 무인화 자동화 장비 기반 실시간 시공 및 유지보수 관리 통합 플랫폼
- ❖ 콘크리트 시설물 정보를 활용하여 손상정보 관리 및 자동 상태평가 기술



세부목표 3) 조립식 공법 및 기계화 시공기술 개발

조립식 PC 공법의 개발 및 적용 확대

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 낮은 디지털화로 인해 생산성 증가율 1%로, 전체 산업 중 최하위 수준
- ❖ 고령화 등으로 인해 숙련인력 부족으로 인력중심 생산방식의 한계
- ❖ 기상 등 외부요인에 의한 공사기간 변동 및 품질 균일성 확보의 어려움



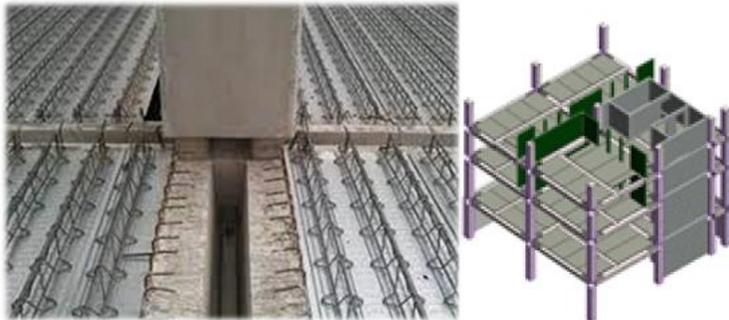
비전

- ❖ 콘크리트 산업 전과정의 30% 이상 디지털화를 통해 생산성 향상
- ❖ 콘크리트 산업의 부품 제작 공정의 40% 이상 기계화 달성
- ❖ 실내 작업으로 기상 등 외부요인이 적어 균일한 품질 확보 및 공사기간 20~50% 단축

중점추진사항

OSC 기반 표준기술 개발

- ❖ PC 공동주택 표준모듈 개발
- ❖ PC 접합부 표준상세 개발



생산공정의 자동화/로봇화 기술 개발

- ❖ 생산/품질 향상을 위한 자동화 기술
- ❖ 최적 작업을 위한 로봇 기술
- ❖ 딥러닝 기반 생산공정/품질 모니터링



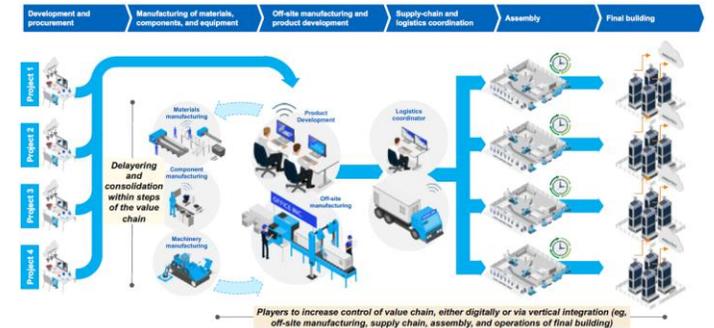
CONCRETE SPREADERS

SURFACE TREATMENT

COMPACTION

공정설계 및 모니터링 개선

- ❖ 생산관리 통합시스템 개발
- ❖ 공정설계/모니터링 개선을 위한 AI 활용기술



세부목표 3) 조립식 공법 및 기계화 시공기술 개발

현장공사 생산성 향상을 위한 가설구조 및 기계화 시공법의 개발 및 적용

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 현장중심의 노동집약적인 콘크리트 산업의 생산 체계
- ❖ 반복 작업으로 인한 근로자의 피로 증가 및 인명 사고 발생
- ❖ 고령화 등으로 인해 숙련인력 부족으로 인한 시공품질 저하



비전

- ❖ 공장중심의 스마트 기술 집약적인 생산체계로 개편하여 생산성 향상
- ❖ 고위험/고반복 작업에 로봇을 도입하여 생산성 증가 및 인명사고 감소
- ❖ 건설기계 및 로봇 도입을 통한 정밀제어 및 균일한 시공품질 확보

중점추진사항

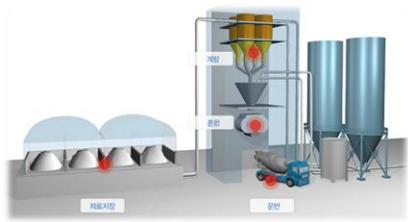
가설구조 개발

- ❖ 현장 철근작업을 최소화 할 수 있는 철근 일체형 거푸집 개발
- ❖ 현장 및 부재 조건에 따라 형상 및 치수를 설정 할 수 있는 맞춤형 시스템 거푸집 개발



콘크리트 품질 개발

- ❖ 다짐작업을 최소화 할 수 있는 보급형 고유동 콘크리트의 개발을 통한 생산 효율 향상
- ❖ 레미콘의 제조, 출하, 반입, 타설 과정의 품질 정보의 디지털화



자동화 및 로봇화 시스템 개발

- ❖ 현장 내 자재 이동, 가설구조 설치 및 해체 작업용 로봇 및 자동화 시스템 개발
- ❖ 3D 프린팅 기술 개선 및 적용 범위 확대



세부목표 3) 조립식 공법 및 기계화 시공기술 개발

조립식 구조 및 기계화 공법을 위한 구조설계기준 및 시방서 개발

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 조립식 구조물에 관한 구조설계기준 및 표준화 미비로 조립식 구조물의 제한적 건설 및 적용
- ❖ 기계화 시공법의 품질 확보를 위한 품질기준 및 관련 시방서 미비로 기계화 시공의 신뢰성 미확보



비전

- ❖ 내진성능 및 접합부 등에 관한 구조설계기준을 제시하여 공장생산 기반 조립식 구조물의 안전성 확보 및 활성화
- ❖ 품질기준, 관련 시방서의 항목 구조 및 구성 내용 등에 관한 시방서를 제시하여 기계화 시공 시 시공품질 확보 및 활성화

중점추진사항

설계기준 개발

- ❖ 조립식 구조물의 종류 별 접합부 설계기준 제시
- ❖ 조립식 구조물의 종류 별 설계 고려 사항 제시
- ❖ 조립식 구조부재의 설계기준 및 제품관리 방안 제시



품질기준 개발

- ❖ 부재/모듈의 제작오차, 접합부 등에 관한 품질 관리 기준 마련
- ❖ 레미콘 및 기계화 시공 품질 정보의 디지털화에 따른 데이터 표준화 및 품질 기준 제시



시방서 개발

- ❖ 기계화 공법을 통한 생산-유지관리-해체 등 생애 전주기 통합형 표준시방서/전문시방서 개발
- ❖ 드론, 로봇, 빅데이터 활용 등 취득 정보와 연계한 공정 절차 개발



세부목표 4) 생산성 시스템 혁신을 위한 통합 플랫폼 개발

생산 시스템 선진화 기술 축적 및 유통 플랫폼 구축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 설계, 시공, 유지관리의 분절화로 건설(콘크리트) 산업생산성 10~15%
- ❖ CALS, FMS, BMS 등 다양한 시스템에 구축된 정보의 폐쇄성 및 비표준화
- ❖ 창의적 기술 도입을 위한 유연한 제도, 우호적인 규격 및 기준 부재
- ❖ 건설산업의 환경변화 및 융복합 기술 대응 교과개발, 교육과정 개설 미



비전

- ❖ 설계/조달/시공(EPC) 정보통합관리 플랫폼 구축(정보 축적/유통 시스템)
- ❖ Big Data 기반 의사결정 지원 및 자동화 건설기술 표준화, Big Data 유통을 통한 신산업 육성 및 지원
- ❖ 양질의 일자리 3만 개 창출, 부가가치 26배 향상, 생산성 30% 대 진입

중점추진사항

❖ 콘크리트산업 생산 시스템 선진화 기술 정보 축적/유통 플랫폼 구축 및 운영

- 기존 CALS 및 FMS의 개선 및 확대를 통한 선진화 기술 축적 기반 마련
- 디지털 건설관련 기술 Big Data 개방(오픈형 플랫폼 구축) 민간 활용 및 기술 개발 유도
- 오픈 플랫폼 활용 우수 창업 아이템 발굴을 위한 정부 및 공사 주도의 사업 추진

❖ 디지털 콘크리트산업 건설기술 지원 기구 설립 및 운영

- 한국건설기술연구원에서 운영중인 스마트 건설 지원 센터의 개선 및 확대
- 현재의 국가건설기준센터와 별도로 스마트 건설기술관련 기준 및 표준을 전담하는 조직 구성 및 운영

❖ 생산 시스템 혁신 기술 지원센터 설치 및 운영

- 디지털 기술의 활성화 및 창업지원, 해외공사 지원을 위한 전문기관 설치

스마트건설 지원센터 설치

- 인프라 전문인력을 갖춘 건설기술 연구원에 [스마트건설 지원센터]를 설치
- 해외지원기구 설치

스마트 건설기술 활성화

+

스마트 건설 창업 지원

- 국가 BIM 센터

스마트건설 전문가 양성

- 스마트건설인재 육성방안 마련
- 교육훈련기관 지정·운영 제도 개선
- 건설기술교육원에 스마트 건설기술 교육과정 신설

- * 기존 BIM 교육과정을 확대개편
- * 학점교환 협약으로 대학생도 교육

- Eng. 역량 강화

지식플랫폼 구축·운영

- 건설CALS 시스템 고도화 및 민간에 정보제공
- 다양한 건설정보를 공유하고 부가가치를 창출할 수 있도록 건설CALS시스템을 지식 플랫폼으로 전면 개편
- Big Data 활용기술 및 플랫폼 제공

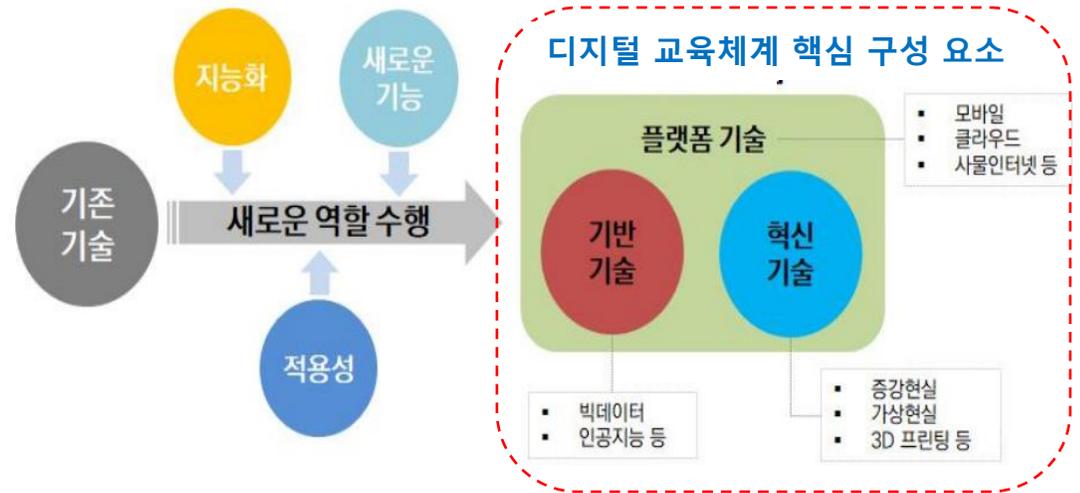
세부목표 4) 생산성 시스템 혁신을 위한 통합 플랫폼 개발

디지털 생산 및 시공기술 교육체계 구축

현황 및 사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 디지털 기반 설계 및 자동화 건설기술로 전환을 위한 교육과정 부재 ❖ 건설산업의 4차 산업혁명 신기술 및 지능정보통신과의 융복합화 필요성 대두 ❖ 디지털 생산 및 시공기술의 계속교육 프로그램 및 교육기관 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 디지털 생산 및 시공 기술 전문가 양성에 따른 청년층 취업률 증가 및 콘크리트 산업분야 유인 ❖ 4차 산업혁명 기술을 다양하게 활용할 수 있는 건설전문가 양성 ❖ 양질의 일자리 제공 및 임금 상승의 요인 제공

중점추진사항

- ❖ **친환경/저탄소 콘크리트 분야 연계 일자리 창출 교육과정 개발**
 - 친환경/저탄소 콘크리트 제조 및 활용에 관한 핵심 이론 및 산업활용 기술 교육
 - 다양한 형태의 결합재 및 분석 관련 핵심 이론 및 산업활용 기술을 겸비한 현장 맞춤형 교육
- ❖ **디지털 콘크리트산업 건설기술 전문가 양성 교육과정, 기관 설치 및 운영**
 - 한국건설기술연구원에서 운영중인 스마트 건설 지원 센터의 개선 및 확대
 - 관련 학회 및 협회 주도의 관련 교육과정 개발 및 대학 교육과정으로 개편 추진
 - 정부주도의 공모를 통한 학부/대학원 교육 프로그램 운영(예: U-city, 스마트시티 대학원)
- ❖ **디지털 건설분야 대학내 교육과정 개설 및 운영**
 - 기존 전공교과목과 BIM, IoT, AI, 3D Printing, Big Data 등 융복합 기술 관련교과목 개설



세부목표 4) 생산성 시스템 혁신을 위한 통합 플랫폼 개발

생산 및 시공 디지털화 및 기계화 정착 정책 정비

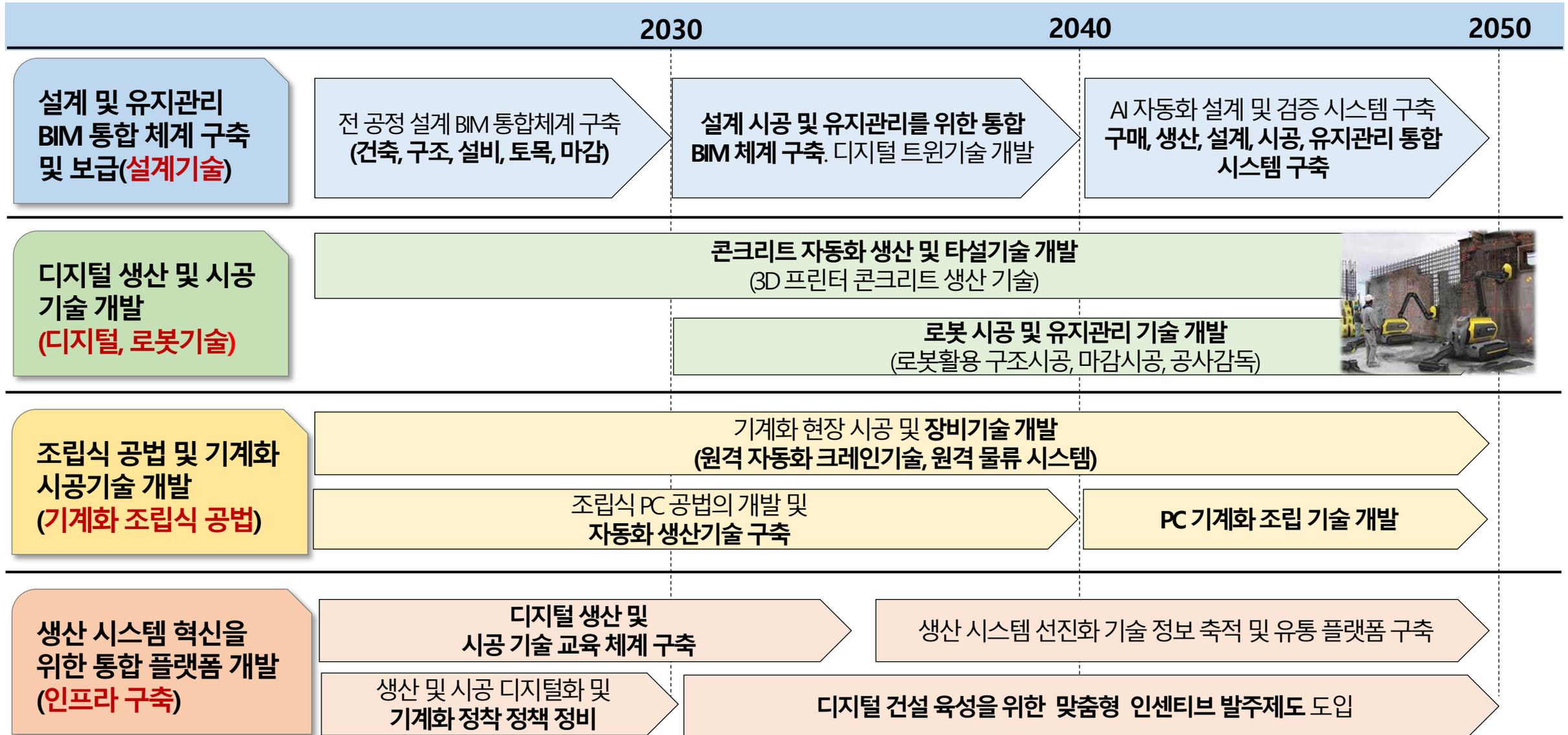
현황 및 사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 노동인력감소로 인한 인건비 상승과 안정적인 노동력 확보에 어려움 ❖ 다른 분야들에 비하여 전통적인 생산방식에 의존하여 낮은 생산성 ❖ 노동조합과의 불협화음 등으로 인한 생산성 저하 ❖ 노동집약적 산업이라는 인식으로 인하여 전문인력들의 유출이 심각 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 한국은 50% 이상의 전통적인 일자리가 기계화를 통해 개선 기대, 특히 노동집약적인 건설업은 큰 영향을 받을 것으로 예상됨(맥킨지, 2017) ❖ 건설기계화가 입찰제도에 반영되어 생산성 30% 향상 ❖ 디지털 및 기계화 기반 양질의 일자리 3만개 창출

중점추진사항

- ❖ **디지털 건설기술 보급 촉진을 위한 교육, 규제 법령 개선 및 규제 샌드박스 운영**
 - 디지털 건설기술 보급 촉진을 위해 ICT, 건설기술, 도로 등과 관련된 법령(정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률, 건설기술진흥법, 도로법) 상의 규제 요인을 도출 후 관련 법령 개정, 교육 콘텐츠 구축, 규제 샌드박스의 시범운영을 통한 디지털 건설기술의 점진적 확대 유도
- ❖ **디지털 건설 활성화를 위한 맞춤형 발주제도 도입**
 - 기존 턴키 등 기술형 입찰에서 스마트 건설기술의 활용을 적절히 평가할 수 있도록 건설기술 용역업자 사업 수행 능력 세부 평가 기준, 대형 공사 등의 입찰방법 개선
 - 디지털 건설기술 보유기업이 우대될 수 있도록 PQ 심사 시 스마트 건설기술 보유 상위업체(3~5개)만 통과하도록 하는 등 기술 변별력 강화
 - 사업초기부터 관련 사업주체(발주자, 스마트설계자, 스마트시공자)들을 참여시키는 IPD(Integrated Project Delivery)의 도입, 턴키 및 대안제시형 등의 발주방식
 - 첨단기술 보유 업체 간의 융합형 컨소시엄(건설+IT+SW 업체)의 건설공사 참여를 위한 건신법·국가계약법·정보통신법·전기공사법 등의 개선방안 마련
- ❖ **디지털 건설 기술이 활용된 건설공사 발주물량 확대**
 - “(가칭)디지털 건설기술 활용 촉진 지침”의 제정을 통하여 디지털 건설기술이 포함된 건설공사로 발주되도록 발주확대 유도

1.5 추진전략

2050년 콘크리트산업 생산성 2.5배 향상



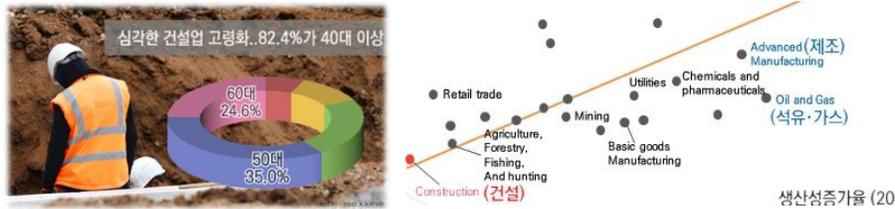
콘크리트산업 생산시스템의 선진화

설계 및 유지관리 BIM 통합 체계 구축 및 보급



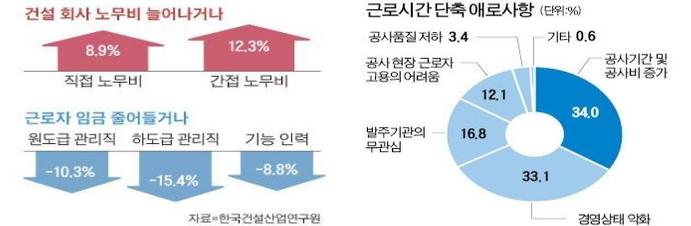
✓ 기획, 설계, 시공, 유지관리 정보의 분절

디지털 생산/시공기술 개발 및 조립식 공법 생산성 향상



✓ 건설시장 환경변화에 따른 생산성 저하

생산시스템 혁신을 위한 통합 플랫폼 개발/인프라 구축



✓ 건설산업 규제 강화로 인한 비용 증가



✓ 디지털 트윈 기반의 시공/유지관리 기반 구축

✓ 모듈러/PC 공법을 통한 생산성 향상/자동화 공장생산기술

✓ 디지털 생산 및 시공 기술 교육 체계 구축



✓ 설계정보 빅데이터화 구축



✓ 3D프린터/로봇 시공 및 건설현장 관리



✓ 생산시스템 선진화 기술 유통플랫폼 구축

1.7 기대효과

콘크리트 건설 생산성 2.5배 향상

설계 및 유지관리 BIM(빌딩정보모델링) 통합 체계 구축 및 보급 (세부목표1)

- ✓ 건설산업의 자동화 및 디지털 트윈 기반의 유지관리 기반 구축
- ✓ 설계정보 빅데이터화 50% 이상 구축
- ✓ BIM 기반 유지관리 정보 통합 및 시뮬레이션 기술 개발
- ✓ AI 플랫폼 도입을 통한 BIM 기술력 향상

디지털 생산 및 시공기술 개발(세부목표2)

- ✓ 설계 전과정 BIM 정보기반 3D 프린팅 구현 시스템 구축
- ✓ 로봇 시공을 통한 품질 확보, 생산성 향상
- ✓ 공사관리, 유지관리를 위한 드론 및 로봇 기술 확보

기대 및 파급효과

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ 공기/공사비 10-30% 절감(해외 사례) ✓ 시공 및 유지관리 단계 BIM 활용에 따른 관리인력 30% 절감 ✓ BIM 기반 실시간 시공 및 유지관리 체계 구축에 따른 안전 및 에너지 사용 최적화 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 에너지 사용량 저감(탄소저감), 폐기물 발생량 70% 감소 ✓ 무인 자동화 장비에 따른 정밀시공으로 품질향상 ✓ 콘크리트 생산 전과정 저탄소화 구현 ✓ 콘크리트 가격 및 생산성 향상 |
|--|--|

1.7 기대효과

콘크리트 건설 생산성 2.5배 향상

조립식 공법 및 기계화 시공기술 개발(세부목표3)

- ✓ PC 공동주택 표준모듈 개발(고층, 내진성능)
- ✓ 기계화 시공을 위한 원격자동화 크레인 시스템, 원격물류 시스템 개발
- ✓ PC 조립 기계화 및 로봇 시스템 구축

생산성 시스템 혁신을 위한 통합 플랫폼 개발(세부목표4)

- ✓ 콘크리트산업 생산 시스템 선진화 기술 정보 축적/유통 플랫폼 구축 및 운영
- ✓ 디지털 건설분야 대학내 교육과정 개설 및 운영
- ✓ 디지털 건설 활성화를 위한 맞춤형 발주제도 도입

기대 및 파급효과

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ 콘크리트 산업의 부품 제작 공정의 40% 이상 기계화 달성 ✓ 고위험/고반복 작업에 로봇을 도입하여 생산성 증가 및 인명사고 감소 ✓ 내진성능 및 접합부 등에 관한 구조설계기준을 제시하여 공장생산 기반 조립식 구조물의 안전성 확보 및 활성화 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 설계/조달/시공(EPC) 정보통합관리 플랫폼 구축 (정보 축적/유통 시스템) ✓ 4차 산업혁명 기술을 다양하게 활용할 수 있는 건설전문가 양성 ✓ 건설기계화가 입찰제도에 반영되어 생산성 30% 향상 |
|--|--|

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

08 중점추진사항과 주요사업요약

원자재 부족, 품질관리 체계 미비, 건설인력 부족으로 인한 콘크리트 품질 저하

골재 수급 부족, 품질관리 체계 미비로 인한 콘크리트 품질 저하



□ 골재 수급난으로 인한 저품질 골재(불량골재)의 유통 심화

- 입도분포/흡수율에서 KS규준을 만족하지 못하는 경우가 많음
- 미분/토분량이 많은 잔골재 유통
- 작업성 및 강도의 저하가 빈번하게 발생

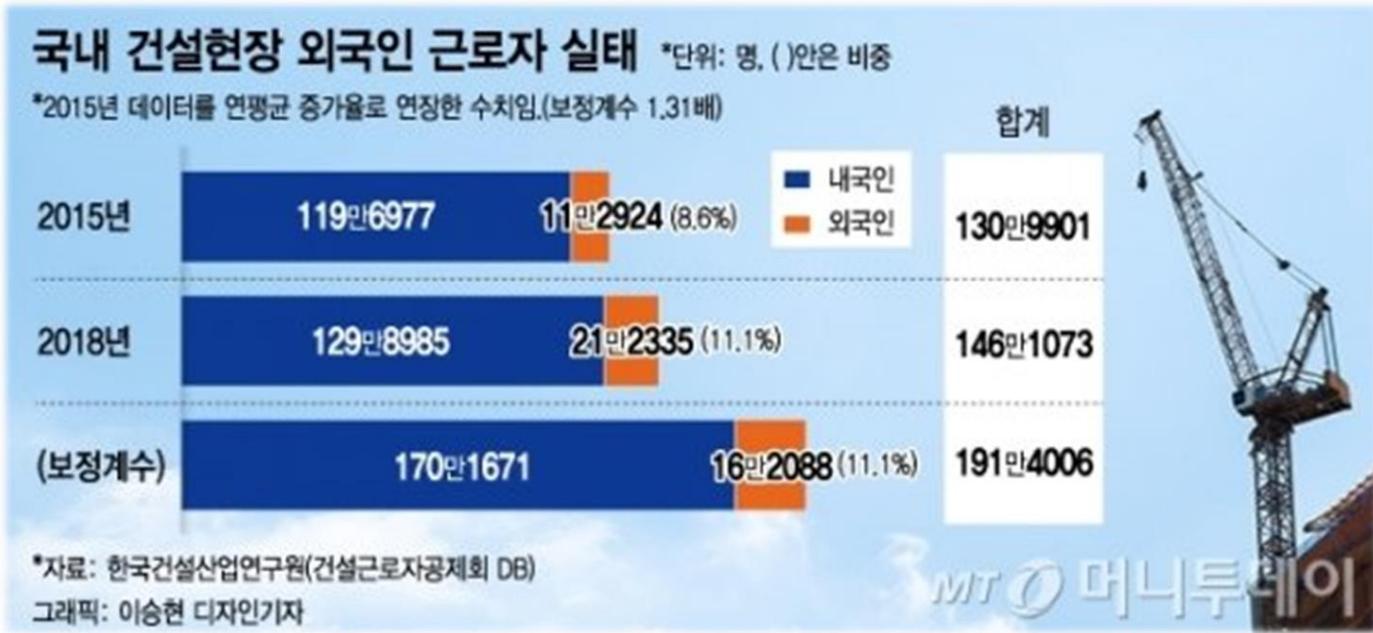
→ 콘크리트 작업성 및 강도 저하 심각

□ 골재/시멘트 등 원재료, 현장 콘크리트 품질관리 체계 미비

- 골재 등 원재료 품질관리, 현장 콘크리트 받아들이기 시험 등 현재의 품질관리체계는 저품질 콘크리트 유통을 막는데 한계

원자재 부족, 품질관리 체계 미비, 건설인력 부족으로 인한 콘크리트 품질 저하

건설인력 부족에 따른 품질 저하



REF. 4개국어로 안내 방송하는 건설현장...근로자 절반 외국인
 • 힘쓰는 일은 외국인 근로자 '몫'...효율성도 있어
 • 공사비 1,000억 원 이상 현장, 73%가 외국인 채용

□ 건설인력 수급난으로 인한 **시공 품질 저하**

- 국내 숙련공들의 연령은 높아지고, 신규 인력의 유입은 적음 → **현장 품질관리의 어려움 가중**
- 언어소통이 어려운 비숙련 외국인 노동자가 대부분을 차지

아파트 및 인프라 시설물의 짧은 수명으로 인한 사회적 비용 증가



<국내외 주택 평균 수명 비교>

등급	점수	연도								합계	비율
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022.7 현재		
최우수	90점 이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
우수	80점 이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
양호	70점 이상	0	0	1	1	3	3	0	3	11	1.08%
일반	60점 이상	131	141	146	155	123	131	127	55	1,009	98.9%
계		131	141	147	156	126	134	127	58	1,020	

<장수명주택 인증등급별 취득 현황>

□ 해외 주요 선진국에 비해 우리나라의 건축물 평균수명은 현저히 낮음

- 재건축에 따른 집값 상승, 건설폐기물 증가, 자원 낭비 등에 따른 사회적 비용이 증가

□ 현재 국토교통부에서는 장수명 주택 인증제도(주택법)를 시행하고 있으나, 대부분 일반 등급(내구수명 30년 미만)을 취득하고 있어 제도 자체가 유명무실한 상황임

- 건설사들은 관행적인 설계방식, 비용 상승을 우려하여 높은 등급의 장수명 주택 인증을 취득하기를 꺼림
- 상대적으로 인센티브가 적고(용적률 및 건폐율 15% 완화), 입주자에 대한 세제 혜택은 없음

콘크리트 품질 저하 방지를 위한 품질관리체계 확립 요구

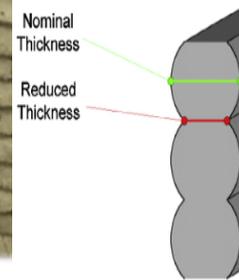
골재 수급 부족, 품질관리체계 미비, 건설인력 부족으로 인한 콘크리트 품질 저하 방지



<초고층 펌프압송 기술>



<3D printing concrete>



<Modular construction>

□ 골재 수급난으로 인한 저품질 골재 유통 문제는 앞으로

더욱 심화될 것으로 예상

- 골재 생산/레미콘 제조/현장타설 콘크리트 품질관리 에 이르기까지의 품질인증체계 확립 필요
- 시공방법의 다양화에 따른 콘크리트 품질규격 재정비 등 대응 필요

□ 현장 노무 인력 감소가 예상되는 미래에 대비하기 위한 새로운 시공 기술의

적용 확대 예상

- AI(artificial intelligence)를 이용한 건설 자동화
- PC/모듈러 건축 시공 확대
- 자기다짐(self-compacting) 콘크리트 등의 활용으로 현장 노무 인력 감축
- 초고층 펌프 압송 기술

콘크리트 목표 성능에 대한 수요 다양화

다양한 요구성능에 적합한 콘크리트 품질 확보 필요, 미래에는 더 다양한 종류의 콘크리트가 요구될 전망

역학적 성능

- 압축강도: ~200 MPa
- 인장강도: ~20 MPa
- 탄성계수: 20~45 GPa
- 크리프, 건조수축, 자기수축

내구성

- 구조물 수명: 30~300년
- 염해, 동결융해, 탄산화, 황산염해 등
- 수화열에 의한 균열

시공성

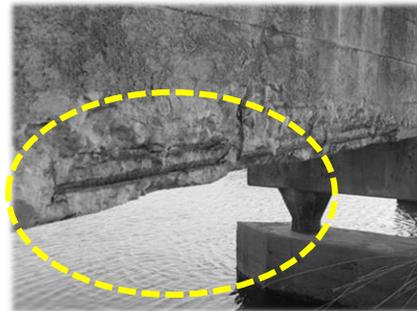
- 슬럼프: 0~250 mm
- 슬럼프 플로: 500~700 mm
- 펌핑 성능: 수직 1 km, 수평 5 km
- 채움(자기 충전) 성능



<고인성 콘크리트(ECC)>



<초고성능 콘크리트(UHPC)>



<해양 구조물의 염해/탄산화>



<동결융해>



<자기충전 콘크리트>



<일반 콘크리트>

콘크리트 목표 성능에 대한 수요 다양화

구조물 종류와 기능에 따라서도 요구성능이 달라짐

→ 구조물 수명 내 목표 성능(역학적 성능, 내구성 및 시공성)을 확보할 수 있는 최적 품질의 콘크리트 공급 필요

구조물	역학적 성능	내구성	시공성
(초고층) 빌딩	압축강도 최대 200 MPa 탄성계수 최대 45 GPa 수축량 최소화(부등 수축)	내구연한 50~100년 기둥 부재 내화성능 확보 지하부 동결융해 및 황산염해 저항성 확보	수직 1km 펌핑 성능 확보 기둥 거푸집 내 채움성능 확보 펌핑 후 작업성 저하 최소화
(초장대) 교량	압축강도 35~100 MPa 탄성계수 25~40 GPa	내구연한 50~200년 탄산화 및 염해 저항성 확보(해양 구조물) 수화열에 의한 균열 방지(주탑/앵커리지)	수평 1km, 수직 400m 이상 펌핑 펌핑 후 작업성 저하 최소화 일부 부재 수중 불분리성 확보
거더 및 슬래브	압축강도 최대 80 MPa 인장강도 최대 20 MPa 수축에 의한 균열 최소화	내구연한 50년 이상 탄산화 및 염해 저항성 확보	거푸집 내 채움 성능 확보
(장거리) 터널	압축강도 21~30 MPa	내구연한 100년 이상 굴착면 접촉 재료의 황산염해 저항성 확보	수평 5km 이상 펌핑 성능 확보 펌핑 후 작업성 저하 최소화
아파트 (20층 내외)	압축강도 21~27 MPa 수축에 의한 균열 최소화	내구연한 30~40년 기둥 부재 내화성능 확보 지하부 동결융해 및 황산염해 저항성 확보	펌핑 후 작업성 저하 최소화
댐(매스 콘크리트)	저강도 콘크리트	내구연한 50년 이상 수화열에 의한 균열 방지(저발열) 내구성, 수밀성 극대화	무 슬럼프(롤러 다짐)
원전 RC 구조	압축강도 40~60 MPa 수축량 최소화	내구연한 30~60년 충격 내구성 및 염해 저항성 확보	채움성능 확보(철근 밀집 구역)

탄소중립 달성, 스마트 건설기술 적용에 따른 신재료의 사용 확대

건설분야 탄소중립 달성을 위한 친환경, 고성능 콘크리트 요구 증대

스마트 건설기술의 도입이 증가함에 따라 점차 새로운 콘크리트 기술의 적용이 확대



2022년 세계 5대 건설강국 도약위한 세부 추진과제

	정책목표	추진 과제	기대효과
기술 혁신	4차 산업혁명을 선도하는 글로벌 산업	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 건설기술 활성화 고부가가치 건설시장 확대 해외 건설시장 진출 지원 	생산성 40% ▲

□ 유럽(CEMBUREAU), 미국(PCA) 등 주요국에서 2050년까지 콘크리트 탄소중립 목표 설정

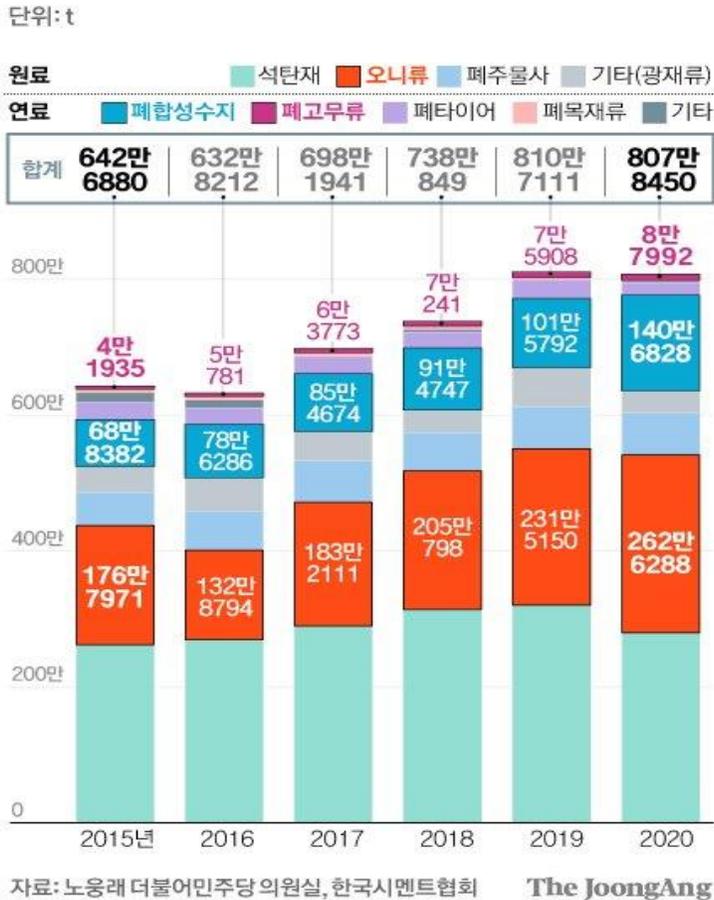
□ 모듈러, 자동화로봇, 건설자동화(3D 프린팅 콘크리트) 등 스마트 건설기술 개발 활성화

□ 저탄소 콘크리트, 무시멘트 콘크리트, 나노콘크리트 등의 새로운 콘크리트 개발 및 적용 확대

탄소중립 달성, 스마트 건설기술 적용에 따른 신재료의 사용 확대

건설분야 탄소중립 달성을 위한 친환경, 고성능 콘크리트 요구 증대

시멘트 업계 연간 폐기물 재활용 현황



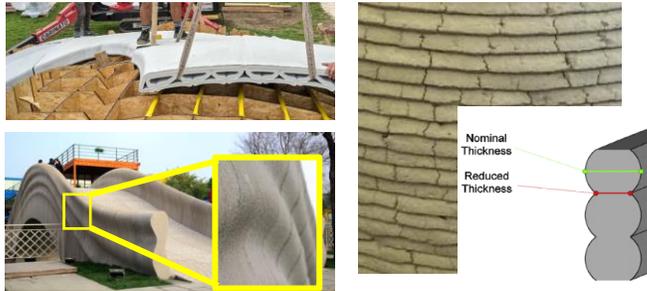
□ 탄소중립 추진에 따른 시멘트의 특성 변화 예상

- 유연탄을 대체할 폐기물 사용 확대가 예상(독일의 폐기물 연료 대체율: 68.9%, 국내: 24%) – 환경 관리 시스템 확보를 통한 **순순환 체계 구축**
- 저탄소 시멘트의 개발 시점까지 탄소중립에 대응하기 위해, 혼합시멘트의 적극적 활용이 가능하도록 품질 기준 확보가 필요
- 시멘트 내 **클링커 팩터(clinker factor)**의 감소

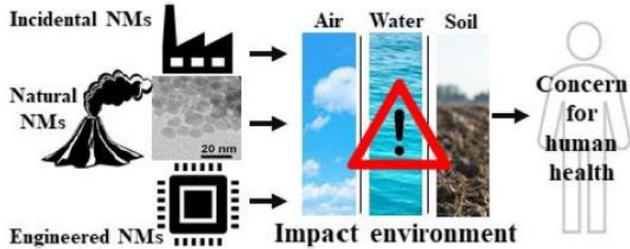
→ **보다 엄격한 현장 강도관리 시스템의 확보가 필요**

탄소중립 달성, 스마트 건설기술 적용에 따른 신재료의 사용 확대

새로운 콘크리트 기술은 기존의 방식으로는 적절한 품질관리와 평가가 어려울 것으로 예측됨
 → 새로운 품질관리 평가기법 확립 필요



<3D printing concrete>



<Nano materials>



<Modular construction>

콘크리트 기술	이슈
Low carbon concrete	중장기 성능 불확실성, 품질관리 평가 기법 미흡
3D printing concrete	층 사이 계면 취약, 방향에 따른 다른 특성, 높은 수축변형률 등 문제 해결
Modular construction	부재 접합부 성능 확보, 경량화 필요
Nano concrete	품질에 대한 확신이 낮고, 환경 영향성 및 인체 안전성 검증 필요

장수명 아파트 및 인프라 시설물에 대한 요구 증가

- 현재 우리나라에서는 재건축이 활발히 이루어져 주요 선진국에 비해 우리나라의 건축물 평균수명은 현저히 낮음
- 향후 점차 재건축의 사업성 악화로 인하여, 해외 사례와 같이 구조물의 장수명화에 대한 요구가 높아지게 될 것으로 예상
- 점차 사회간접자본에 대한 투자가 어려워지고, 시설물의 유지관리 비용이 급격히 증가할 것으로 예상



→ 장수명 시설물에 대한 요구 증가

1970년대	1980년대	1990년대	2000년대
UR도시기구(구,일본주택공단) 장수명 주택 초기 연구	100년 주택, CHS(Century Housing System) 인정제도	SI(Skeleton Infill) 주택으로 전환 → CHS 제도 한계 보완	200년 주택 (장기우량주택) 건설 목표

일본의 장수명 주택 관련 제도의 발전 과정

200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 골재를 비롯한 원자재 부족, 건설인력 부족, 품질관리 체계 미비로 인한 콘크리트 품질 저하 대응 요구
 - 골재 수급난으로 인한 저품질 골재(불량골재)의 유통 심화, 콘크리트 작업성, 강도 저하 발생
 - 골재 부족으로 장기적으로 점차 심화될 것으로 예상
 - 현장 노무 인력 감소가 예상되는 미래에 대비하기 위한 새로운 시공 기술의 적용 확대 예상되며, 펌프 압송 증가 등 시공방법이 다양화
- ❖ 콘크리트 목표성능에 대한 수요 다양화
 - 점차 구조물에 요구되는 성능이 다양화되어 갈 것으로 예상, 다양한 요구성능에 적합한 콘크리트 품질 확보 필요
- ❖ 탄소중립 달성, 스마트 건설기술 적용으로 신재료 사용 확대
 - 탄소중립 추진에 따른 시멘트의 특성 변화 예상
 - 모듈러, 자동화로봇, 3D 프린팅 콘크리트 등 다양한 시공방법의 확대
- ❖ 장수명 아파트 및 인프라 시설물에 대한 요구 증가
 - 향후 재건축 사업성 약화에 따라, 해외 사례와 같이 구조물의 장수명화에 대한 요구가 높아지게 될 것으로 예상

세부 목표

- ❖ 장수명 고품질 저탄소 콘크리트 생산 품질 확보기술 개발
 - 목표성능 확보를 위한 결합재, 골재 및 화학 혼화제 등 재료 기술 고도화
 - 성능 예측 기반 콘크리트 배합설계/내구성 설계기술 개발
 - 고내구성 보강재 기술 개발
- ❖ 장수명 고품질 저탄소 콘크리트 품질관리 시스템 구축
 - 국가 건설재료의 품질관리 제도 재정비 및 기술자 교육 강화
 - 콘크리트 재료 등급화 및 가격 합리화
 - 품질등급별 원재료(골재, 혼화제 등) 공급체계 확보
- ❖ 장수명 콘크리트 유지관리 시스템 구축
 - IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링 및 예측기술 개발
 - AI 및 로봇 기술을 이용한 스마트 유지관리 기술 개발 및 인력 양성
- ❖ 장수명 아파트 및 인프라 시설 설계기술 개발
 - 장수명 주택(아파트) 설계기술 개발 및 인증제도 개선 및 확대 적용
 - 장수명 인프라 시설 설계기술 개발 및 인증제도 도입 시행

고품질 재료/내구성설계/유지관리기술 개발

세부목표 1	세부목표 2	세부목표 3	세부목표 4
<p>장수명/고품질/저탄소 콘크리트 생산 품질 확보 기술 개발(재료)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 목표성능 확보를 위한 결합재, 골재 및 화학혼화제 등 재료 기술 개발 • 성능 예측 기반 콘크리트 배합 설계 기술 개발 • 성능 기반 내구성 설계기술 개발 • 고내구성 보강재 기술 개발 	<p>장수명/고품질/저탄소 콘크리트 품질관리 시스템 구축(품질관리)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 품질등급별 원재료(골재, 혼화제 등) 공급체계 확보 • 콘크리트 재료 등급화 및 가격 합리화 • 국가 건설재료의 품질관리 제도 재정비 및 기술자 교육 강화 	<p>장수명 콘크리트 유지관리 기술(유지관리)</p> <ul style="list-style-type: none"> • IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링 및 예측기술 개발 • AI 및 로봇 기술을 이용한 스마트 유지관리 기술 개발 및 인력 양성 	<p>장수명 아파트 및 인프라 시설 설계기술/인증제도 구축(설계/정책)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 장수명 주택(아파트) 구조 설계기술/인증제도 개선 및 확대 적용 • 장수명 인프라 시설 구조 설계기술/인증제도 도입 시행

200년 수명 고품질 아파트 및 인프라 시설 건설

재건축/철거 비용 및 폐기물 감축
 유지관리 비용 감축
 건축/시설 가치 상승



선진국수준의 건축/시설물 수명. 일본 장수명주택정책
전 생애주기비용 30% 감축/친환경

세부목표 1) 장수명 고품질 저탄소 콘크리트 생산 품질확보기술 개발

재료 기술 개발 및 성능 기반 내구성 설계기술 개발

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 목표성능 확보를 위한 결합재, 골재 및 화학혼화제 등 재료 기술 개발
- ❖ 성능 기반 내구성 설계기술 개발
- ❖ 성능 예측 기반 저탄소 콘크리트 배합설계 기술 개발



비전

- ❖ 배합 요소별 콘크리트 품질에 미치는 영향 파악 및 데이터베이스 구축
- ❖ 내구수명 예측 모델 개발/저탄소 콘크리트 성능 예측 모델 개발
- ❖ 고내구성 보강재(FRP 등) 기술 개발

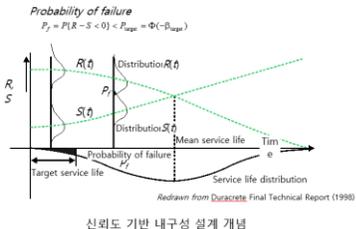
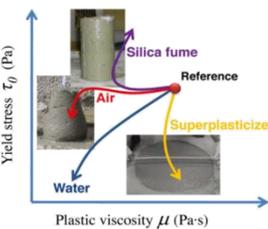
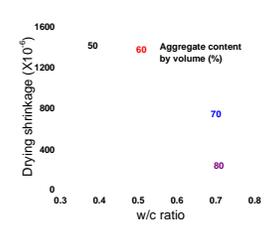
중점추진사항

(중기) 목표성능 확보를 위한 결합재, 골재 및 화학혼화제 등 재료 기술 개발

- ❖ 배합 요소별 콘크리트 품질(성능)에 미치는 영향 파악 및 데이터베이스 구축
- ❖ 골재량 및 물-결합재 비에 따른 건조수축, 콘크리트 배합 재료에 따른 콘크리트 유동 특성 파악

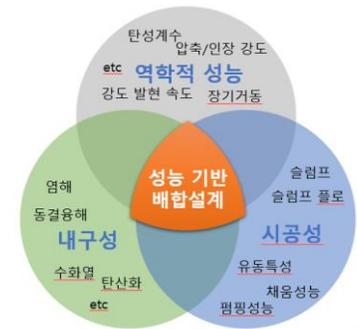
(중기) 성능 기반 내구성 설계기술 개발

- ❖ 노출등급, 목표 수명 및 목표 신뢰도, 유지관리 전략(INPUT)
- ❖ Durability, 피복두께(OUTPUT)



(장기) 성능 예측 기반 콘크리트 배합 표준/구조설계 기술 개발

- ❖ 성능 예측에 기반한 배합설계기술 개발



세부목표 2) 장수명 고품질 저탄소 콘크리트 품질관리 시스템 구축

단기적 목표

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 국가 건설재료의 품질관리 제도 재정비 및 기술자 교육 강화
- ❖ 콘크리트 재료 등급화 및 가격 합리화
- ❖ 품질등급별 원재료(골재, 혼화재 등) 공급체계 확보



비전

- ❖ 지방서 및 KS 규격 등 국가 품질 인증체계 보완 및 재정립
- ❖ 콘크리트 품질 관련 전문자격증 제도 개발
- ❖ 순환골재의 활용 및 순환골재 품질등급 확립
- ❖ 산업 부산물 골재 품질 검사 및 등급 평가를 위한 시스템 확보

중점추진사항

(단기) 국가 건설재료의 품질관리 제도 재정비 및 기술자 교육 강화

- ❖ 지방서 및 KS 규격 등 국가 품질 인증 체계 보완 및 재정립
- ❖ 감리자의 역할을 강화할 수 있는 현장 감리제도 보완 필요
- ❖ 콘크리트 품질 관련 자격증 제도 개발, 기술자 교육 프로그램을 통한 자격 관리 활성화

(단기) 콘크리트 재료 등급화 및 가격 합리화

- ❖ 골재 및 콘크리트 가격 합리화
- ❖ 골재 수급 부족에 대응하기 위한 저품질 골재의 활용 체계 확보



순환 잔골재 (5mm)



순환 굵은골재 (7mm)



순환 굵은골재 (13mm)



순환 굵은골재 (20mm)



순환 굵은골재 (25mm)



순환 굵은골재 (40mm)

(단기) 품질등급별 원재료(골재, 혼화재 등) 공급체계 확보

- ❖ 순환골재의 전면 재활용을 통한 건설 폐기물 재활용 체계 확보
- ❖ 재활용 가능한 각종 산업부산물 골재 리스트 확보 및 KS 규격 확립
- ❖ IoT 측정 데이터와 강도의 데이터 베이스 구축을 통한 현장 콘크리트 품질관리 체계 구축

세부목표 3) 장수명 콘크리트 유지관리 시스템 구축

장기적 목표

현황 및 사회적 니즈

- ❖ IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링 기술 개발
- ❖ AI 및 로봇 기술을 이용한 스마트 유지관리 기술 개발 및 인력 양성



비전

- ❖ IoT 기술 활용 현장타설 콘크리트 경화 및 강도발현 모니터링
- ❖ 각종 IoT 기술의 현장 적용을 위한 제도적 기반 확보
- ❖ 로봇/드론을 활용한 영상 촬영 기술과 AI 기반 2D, 3D 디지털 이미지 기반의 영상처리기술, 전문인력 양성

중점추진사항

(장기) IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링 기술 개발

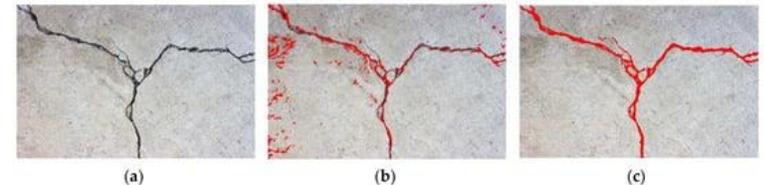
- ❖ 외부/매설 센서를 이용한 실시간 계측으로 현장 콘크리트 부위별 품질관리 상태 파악
- ❖ 인수된 레미콘 및 현장타설 레미콘의 물성치 상호 비교를 통한 콘크리트 품질 신뢰성 확보
- ❖ IoT 측정 데이터와 강도의 데이터 베이스 구축을 통한 현장 콘크리트 품질관리 체계 구축

- ❖ IoT 기술 신뢰성 수준 향상을 통한 콘크리트 구조물 시공 과정의 자동화 도모
- ❖ 지방서/법규 개정을 통한 IoT 기술 적용성 확대



(장기) AI 및 로봇 기술을 이용한 스마트 유지관리 기술 개발 및 인력 양성

- ❖ AI 기법을 기반으로 객관적이고 신속한 데이터 처리 및 의사결정, 노후 구조물의 신속하고 정확한 안전점검 및 진단 가능



(a) (b) (c)

세부목표 4) 장수명 아파트 및 인프라 시설 설계기술/인증제도 구축

장수명 주택(아파트) 설계기술 개발/장수명 인프라 시설 설계기술 개발/인증제도 도입

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 장수명 주거/시설물 수요증가
- ❖ 다양한 콘크리트 품질 수요 증가
- ❖ 저탄소 콘크리트 신재료 적용 필요



비전

- ❖ 골조 방식의 공간가변형 고내구성 장수명 구조 시스템으로 전환
- ❖ 중요 인프라 시설을 위한 장수명 구조시스템 도입

중점추진사항

(장기) 장수명 주거건축 구조시스템 개발

- ❖ 현재 장수명 아파트 인증 제도 개선
- ❖ 구조설계 우선의 관행적 설계방식 고집 개선
- ❖ 공간 가변성과 수리용이성 확보
- ❖ 장수명 아파트 인증제도 문제점 파악 및 개선 방안 도출
- ❖ 골조 방식 장수명 구조 시스템으로의 전환

(장기) 장수명 인프라 구조시스템 개발

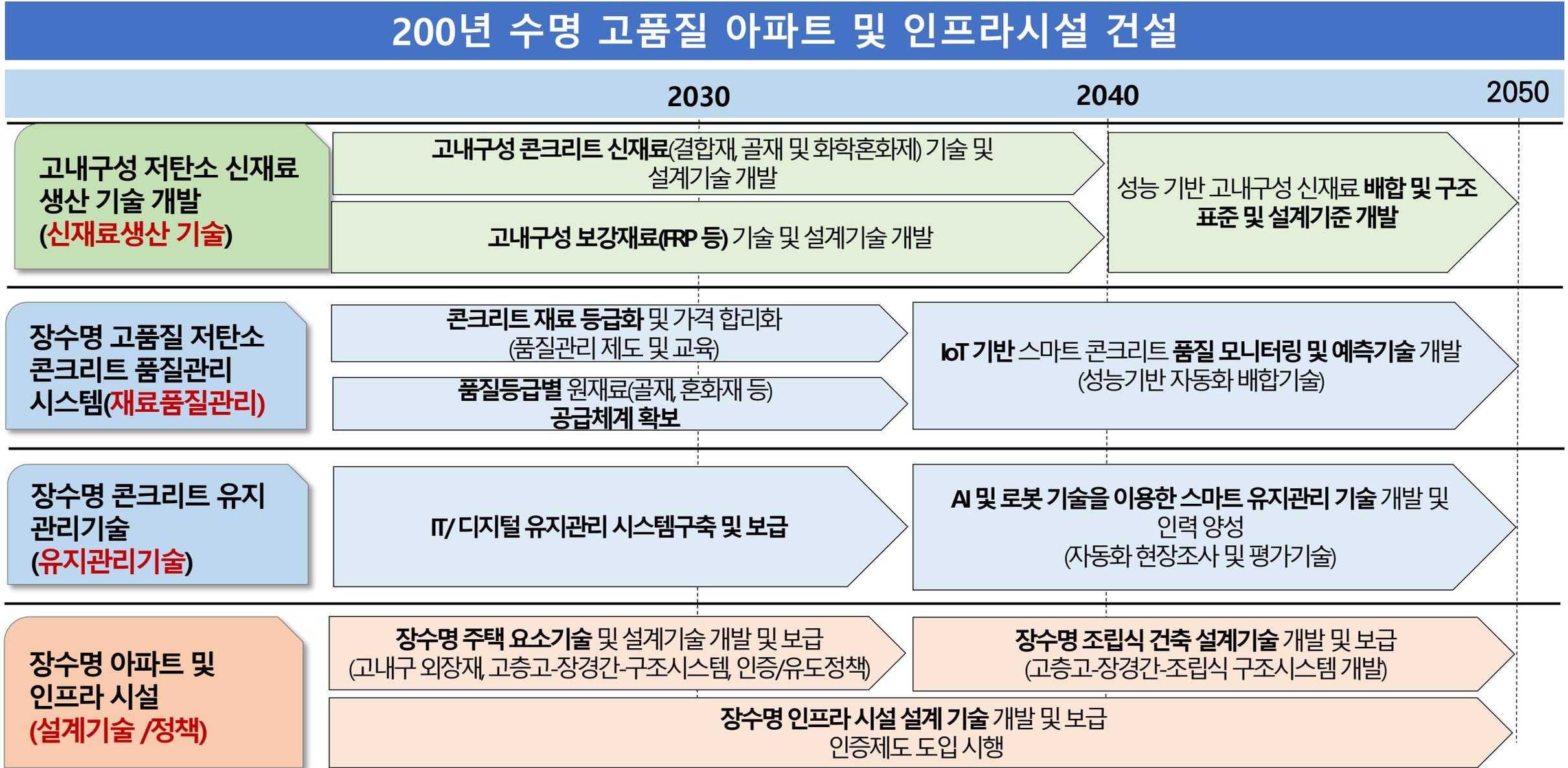
- ❖ 국가 중요 인프라 시설에 장수명 구조시스템 개발
- ❖ 목표 수명 200년 인프라 시설 인증제도 도입

등급	점수	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022. 7월 현재	합계	비율
최우수	90점 이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
우수	80점 이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
양호	70점 이상	0	0	1	1	3	3	0	3	11	1.08%
일반	60점 이상	131	141	146	155	123	131	127	55	1,009	98.9%
계		131	141	147	156	126	134	127	58	1,020	

<장수명주택 인증등급별 취득 현황(2022. 7월 현재)>



2.5 추진전략



200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

장수명 고품질 콘크리트 제조를 위한 품질관리 시스템 구축



☑ 품질관리 체계 미비 및 건설인력 부족으로 인한 품질 저하

고내구성 신재료 및 제조 기술 개발



☑ 탄소중립을 위한 고내구성 콘크리트 요구 증대

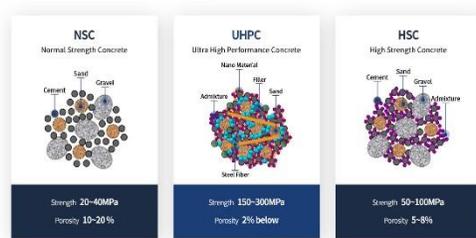
장수명 아파트 및 인프라 시설 설계기술 개발



☑ 낮은 건축물 평균수명



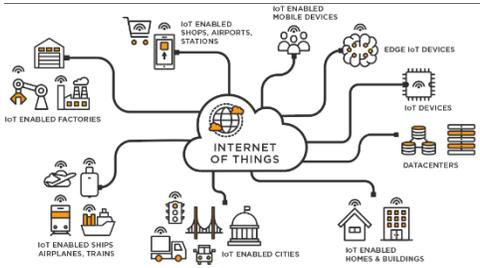
☑ 콘크리트 재료 등급화



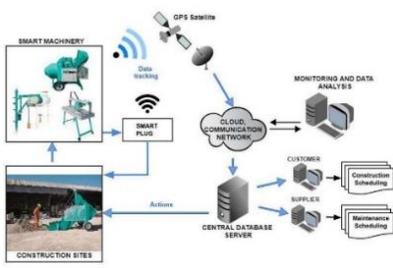
☑ 고내구성 콘크리트



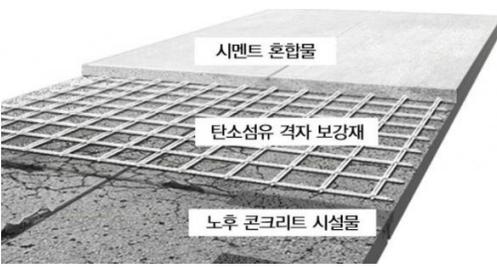
☑ 장수명 주택 설계기술 개발 및 보급



☑ IoT 기반 품질 관리 기술 개발



☑ AI 유지관리 기술 개발



☑ 고내구성 보강재



☑ 장수명 인프라 시설 설계기술 개발 및 보급

현황

비전

2.6 기대효과

200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

장수명 콘크리트 품질관리/유지관리 기술 품질관리 시스템(세부목표 2/3)

- ✓ 콘크리트 재료 등급화 및 가격 합리화
- ✓ IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링
및 예측기술 개발
- ✓ AI 및 로봇 기술을 이용한 스마트 유지
관리 기술 개발 및 인력 양성

장수명/고품질/저탄소 콘크리트 생산기술(세부목표 1)

- ✓ 목표성능 확보를 위한 결합재, 골재 및 화학
혼화제 등 재료 기술 개발
- ✓ 성능 기반 콘크리트 배합설계 기술 개발
- ✓ 성능 기반 내구성 설계기술 개발

장수명 아파트 및 인프라 시설 설계기술 개발(세부목표 3)

- ✓ 장수명 고내구성 가변형 건축구조
시스템개발
- ✓ 장수명 주택 및 인프라 시설 인증
제도 도입 시행

기대 및 파급효과

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ 국가 건설재료의 품질관리 제도 재정비
및 기술자 양성 ✓ 품질등급별 원재료(골재, 혼화제 등)
공급체계 확보 ✓ 장수명 콘크리트 유지관리기술 확보 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 고성능 콘크리트 해외경쟁력 확보 ✓ 장수명 저탄소 콘크리트 보급 확대 ✓ 고성능 콘크리트 해외경쟁력 확보 ✓ 고내구성 보강재 경쟁력 확보 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 재건축/철거 비용 감축 ✓ 폐기물 감축/자연보호 ✓ 유지관리비용 감축 ✓ 건축물/시설물 가치 상승 |
|---|---|---|

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

08 중점추진사항과 주요사업요약

시멘트 사용량 현황 및 영향

2020년 상위 20개국 소비 순위

순위	국가명	2019년(F)
1	중국	2,275,000
2	인도	336,530
3	미국	100,920
4	인도네시아	68,170
5	베트남	64,330
6	러시아	55,760
7	브라질	54,400
8	한국	49,483
9	터키	46,930

“We aren't just using more concrete than ever. We're using more concrete per capita than ever.”
 — Kimberly E. Kurtis, civil engineer and concrete expert, Georgia Institute of Technology

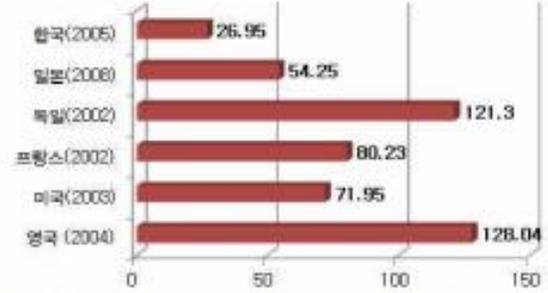
“We can't do without concrete. But we can do without a significant amount of the emissions it produces.”
 — Karen Scrivener, research group leader, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne (EPFL)

HOME > ≡ > 경제
 시멘트 소비 '세계 3위' 한국...쓰레기 시멘트에 안전기준도 '허술'
 이태은 기자 | 기사승인 : 2022-06-28 15:26:31
 시멘트 염소함유량 기준은 일본의 20배
 공장 일산화탄소 배출량 최대 3000ppm
 #싹비

CEMENT AND CONCRETE BY THE NUMBERS

- ~8%: Portion of global anthropogenic CO₂ attributed to cement manufacturing
- ~30 billion metric tons: Amount of concrete manufactured globally annually
- 1,450 °C: Temperature of kilns used to process cement
- 25-50%: Projected global increase in demand for concrete by 2050

Source: International Energy Agency, Nat. Mater. 2017, DOI: 10.1038/nmat4930.



<선진국과의 주택수명 비교>

표 1 국내의 콘크리트 시장전망 (단위: 억원)

구분	2010	2015	2020	2030
콘크리트 ¹⁾	500,000	520,000	550,000	570,000
고성능콘크리트 ²⁾	2,400	12,000	120,000	300,000
점유율(%)	0.48	2.31	21.82	52.63

1) World Business Council for Sustainable Development, 2009
 2) ACI Prediction of Concrete Industry, 2007

□ 국가별 시멘트 소비 세계 8위, 인구당 소비율 세계 3위

- 경량화, 부재 축소, 사용량 감소 등으로 사용재료 및 시공 경제성 상승 가능
- 구조안전성의 문제, 법률상 허가 절차 등 간소화 필요

□ 환경전문지 그린비즈 시멘트의 온실가스 감축 혁신사례 발표(REF: <http://www.impacton.net>)

- 탄소배출량 감소 등 환경문제와 연관한 시멘트 및 콘크리트 등 건설 자재 사용량 감축 사례 발표 등 시멘트 콘크리트 산업의 비친환경적 인식 확대

□ 유지관리 제도 미흡과 상대적으로 낮은 콘크리트 강도

- 건축물 유지관리 제도의 미흡과 상대적으로 낮은 강도(24 MPa) 적용으로 건축물의 수명이 짧음

□ 고성능 콘크리트 기술 발전 및 확대적용

- 고강도 고내구성 콘크리트 기술 적용으로 지속가능 구조물 기술 발전



고강도 철근 기술 개발 현황

<ArcelorMittal 철근 생산규격>

Strength grade	YS(MPa)	TS(MPa)	EL(%)
A240C	240	370	25
A400S	400	500	16
A500S	500	600	14
A800	800	1,000	8
A1000	1,000	1,250	7

<국가 설계기준 별 철근 허용강도>

설계 기준	주 철근(MPa)		전단 철근(MPa)	
	과거	현재	과거	현재
KCI 2017	550	600	400	600
ACI 318-19	550	690	400	690
Eurocode 2/8	400	600	400	600

현대제철 기술 혁신 통해 초고강도 철근 시장 개척

※ 김경진 기자 | © 입력 2022.04.28 14:41 | 댓글 0

- 국내 최초 SD700급 내진철근 KS인증 완료... 고층 건물 안전 확보 가능
- 국내 최초 초저온 철근 인장강도 시험 설비 구축... LNG용 강재 시장 선도

홈 > 산업 > 기업

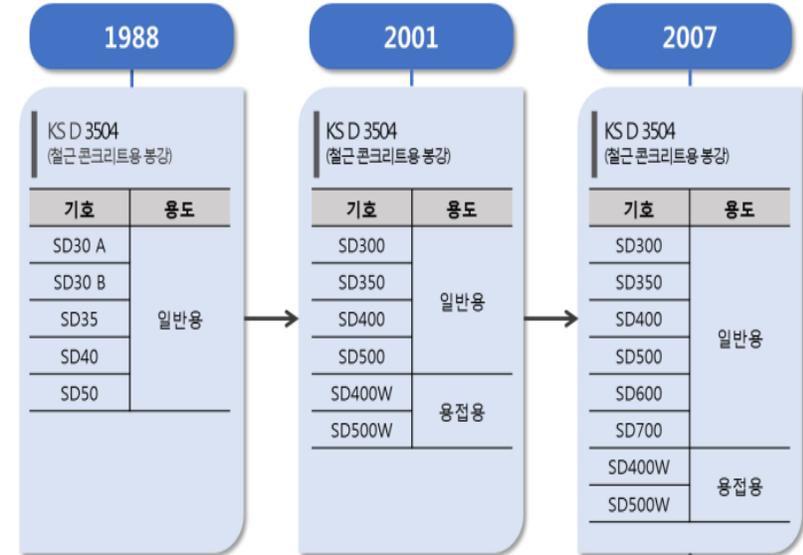
동국제강, 1c㎡당 12.2톤 견디는 초고강도 철근 개발

입력 2020-12-03 14:17:43 수정 2020.12.03 17:24:17 한동희 기자

건설산업 > 자재

"건설사 원가절감 위해 '초고강도 철근' 사용 늘려야"

기사입력 2012-09-21 17:33:51



□ 초고강도 철근기술 지속적 개발

- 철근콘크리트 구조물은 고층화, 대형화되고 구조재료의 고강도, 고품질, 고기능화 요구 증대
- 초고강도 철근 수요 지속적 증대

□ 고강도 철근 적용 설계 기술 및 기준 개발

- 국내외 고강도 철근 설계 기술 및 설계 기준 철근 허용강도 상향 적용

□ 고강도 철근 적용을 통한 친환경성 및 경제성 비교

- 철근량 감소로 인한 공기단축 및 건축비 감소 효과 및 사용량 절감으로 시공효율 향상 및 탄소배출 저감

7대 제강사 철근가격 동향

단위:만원/㎏, 유통가(즉시 현금가), 월말 기준



조립식 스마트 시공을 통한 경량화 및 품질 향상

대한경제

건설·부동산 증권 산업 금융 경제 정치 사회 레저문화 피

남북경협에 다시 뜨는 PC공법

기사입력 2019-01-24 13:58:43

27년 된 건축구조기준에 '발목'

工期단축·비용절감 등 강점
건설업계 기술개발 노력으로
균열·누수 등 부실시공 극복

정부차원 관련기준 지원책 미비
현장적용 제대로 안돼 업계 한숨

업계 "생산성·품질 향상 위해 공공 인증·정책 지원 등 필요"

'PC모듈러 건축' 집념과 투자...주거혁신 새 길 열다

기사입력 2020-10-29 05:00:22

KCS산업, 국내 첫 '적층형 PC모듈러' 이르면 내년 출시



KCS산업이 국내 최초로 선보인 '적층형 PC모듈러' 시제품을 전문가들이 둘러보고 있다. 민윤수 기자 yjs77@



프리캐스트 콘크리트 조립식건축 구조기준

건설부고시 제1992-564호, 1992. 10. 24

1. 총 칙

1.1 (목적) 이 기준은 건축물의 구조기준등에관한규칙 제71조제1항의 규정에 의하여 프리캐스트 콘크리트 조립식 건축물의 구조내력의 기준 및 구조계산의 방법과 이와 관련한 구조기준을 정함을 목적으로 한다.



□ 콘크리트구조물의 경량화를 통한 부재 단면축소 및 스마트화 요구 증대

- 경량화, 부재 축소, 사용량 감소 등으로 사용재료 및 시공 경제성 상승
- 구조안전성의 문제, 법률상 허가 절차 등 간소화 필요

□ 현장시공 탈피 Off-Site Construction 및 PC 전환을 통한 부재 감소 및 시공효율 기술 지속적 개발

- OSC과 PC 공법을 통한 시공효율 및 품질 성능 향상 기대

□ 조립식 공법의 설계 기술 및 기준 제시

- 설계 및 시공을 위한 국가기준 제시 및 설계 기술 발전을 통한 건설 효율성 지속적 증대

천연자원(시멘트, 골재) 보호

천연자원 부족에 대한 글로벌 이슈

□ 천연골재 수급의 한계 및 환경적 보존 이슈

- 건설경기 상승세로 연간 천연골재 채취량은 1.7억 m³ 수준으로 증가
- 연간 골재 소비 비용은 227조원에 달함(2020년 골재수요 통계)
- 환경 파괴의 영향으로 대부분의 천연 골재 매장량은 한계 수준

건설자재 '블랙홀'...골재 동났다
NEWSIS
EEZ 바닷모래 공급중단, 어떤 대책이 있는가?
한국건설신문

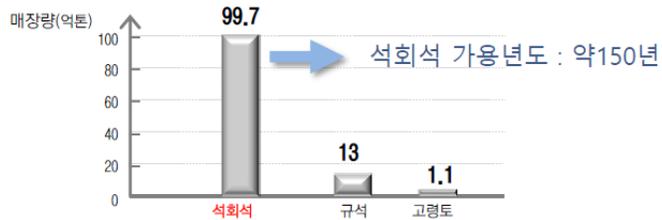


환경보호를 위한 정부의 바닷모래 활용 감축의지

- 해양생태계 보호 지역 확대 → 채취 금지 구역 등 제한 확대
- ※ 현재 총 모래 생산량 중 바닷모래의 비중 : 40~50%
- 남해 EEZ 바닷모래 채취 중단에 따른 모래 수급 곤란
- ※ 최근 10년간 남해 EZZ 모래 채취량 : 6,200만 m³

▶ 천연 골재 자원의 대체 방안 구축 시급

□ 국내 석회석 가용년도는 약 150년



콘크리트 품질저하 및 안전성 우려

□ 골재부족 문제는 레미콘 품질저하로 직결

- 출처가 불분명한 조악한 모래, 석분 등의 사용
- 골재수급을 위한 빈번한 모래 수급원 변동



□ 시멘트 대란: 콘크리트 품질 저하 및 단가상승

- 구조체 강도저하, 공기증가 및 자재비 상승에 직결

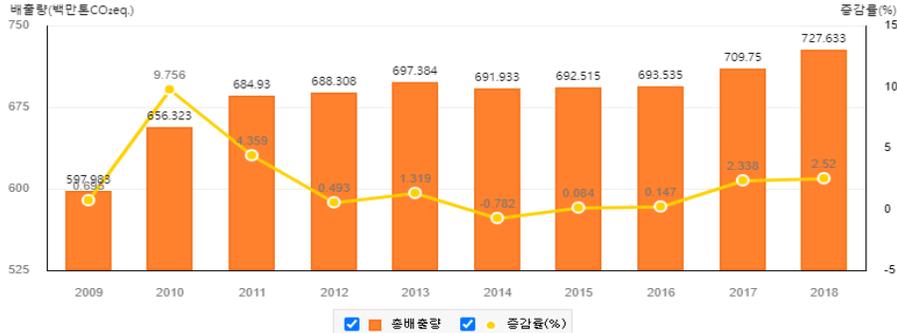
건설에서도 천연자원 소비 절감 및 천연자원 대체자원에 대한 근본적 대응방안 필요

고강도 고성능 건설재료 적용 확대를 통한 탄소저감 및 기술경쟁력 향상

탄소저감 연관 건설시장 환경 변화

□ 탄소중립이 필요하나, 오히려 탄소배출량 증가

- 2018년 배출량 728백만 톤 CO₂eq으로 1990년대 149%



REF: 온실가스종합정보센터, 2020년 국가온실가스 인벤토리 보고서, e나라지표

□ 국내 온실가스의 총배출량은 전 세계 8위(2018년 기준)

이산화탄소 배출량 순위

2018년 국가별 이산화탄소 배출량 순위

순위	국가	배출량(단위: 10억톤)
1	중국	112
2	미국	53
3	인도	26
4	러시아	17
5	일본	12
6	독일	8
7	이란	7
8	한국	7
9	사우디	6
10	캐나다	5

1인당 이산화탄소 배출량

인구 1인당 이산화탄소 배출량 (단위: t)

순위	국가	배출량(t)
1	사우디	18.1
2	미국	16.6
3	캐나다	15.3
4	한국	12.4
5	러시아	11.6
6	일본	9.1
7	이란	8.7
8	중국	7.0
9	유럽연합	6.7
10	인도	2.0
11	세계 평균	4.8

이산화탄소 배출량 전망치

유엔에 제출한 온실가스 감축목표(NDC)를 적용했을 때 2030년 1인당 평균 이산화탄소 배출량 전망치

국가	전망치(t)
러시아	12.0
미국	10.9
한국	9.4
중국	8.2
일본	7.3
중국	7.1
카스피해 주변	6.0
유럽연합	4.7
멕시코	4.4
동남아	3.4
라틴아메리카	2.7
인도	2.5
아프리카	2.1
인도	0.9

□ 건설재료 관련 산업의 탄소배출량은 전체의 10%

	2019 (MtCO ₂)	Share
Buildings use phase	9953	
Coal	496	
Oil	939	9% direct emissions
Natural gas	1663	
Electricity and heat	6855	19% indirect emissions
Buildings construction	130	
Construction energy use	130	
Material manufacturing	3430	10% indirect buildings and construction value chain emissions
Cement- and steel- manufacturing for construction	2038	
Other	1391	
Buildings and construction value chain	13512	38% of total energy related emissions

REF: IEA(2020), Cement, IEA, Paris

□ 탄소도입세 도입

- 시멘트, 철강, 석유화학 등 건설재료 관련 분야가 우선 도입 예상

뉴스 기획특집 경제 DB 대한민국 정부 소개 공강

산업계에 부는 '탄소중립' 바람... 철강·석유화학·시멘트업계 동침 잇따라

연간기업, 탄소중립 도전 공생선영원 서명... ESG-철강의 경쟁도 가속화

온실가스 배출의 주범으로 손꼽히는 산업계에서 2050 탄소중립에 동참하려는 움직임이 잇따르고 있다.

온실가스 배출 1위인 철강업계를 시작으로 석유화학, 시멘트 업계까지 탄소중립 공동선영원에 서명하고, ESG관중시켜 지배구조 경영 체제로 본격화하는 등 탄소 저감에 앞장서는 움직임으로 기대를 모으고 있다.

중 거닐한 바이든의 탄소국경세... 철강·석유화학·철강 '비상'

미국이 탄소국경세 도입을 추진하면서 철강·석유화학·시멘트업계가 비상이다. 미국이 탄소국경세 도입을 추진하면서 철강·석유화학·시멘트업계가 비상이다.

미국이 탄소국경세 도입을 추진하면서 철강·석유화학·시멘트업계가 비상이다.

탄소중립을 위해 철강, 석유화학, 시멘트 등 3개 업종의 전환 비용만 400조원 이상이 될 2 예상된다. 여기에 탄소국경세(탄소국경세까지 시행되면 국내 산업체는 최대 4.8% 추가 비용을 부담해야 한다.

대한산업협회 등에 따르면 탄소세 도입 시 제조업의 생산량과 고용은 오는 2030년 1.67%, 0.93% 줄어드는 것으로 분석됐다.

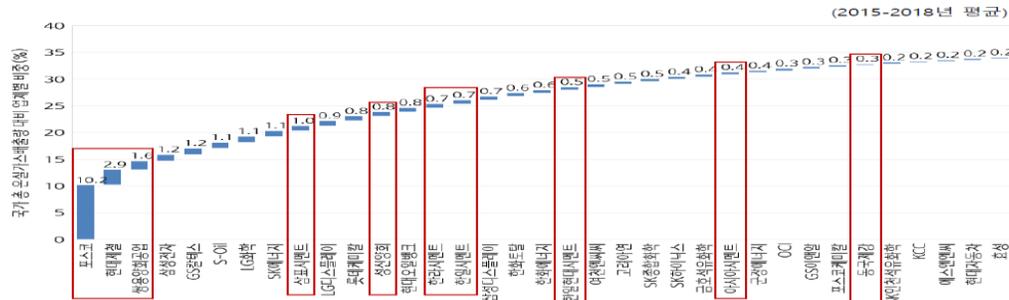
제조업은 철강, 비철금속 등이 포함된 1차 금속업 내 생산량이 탄소세 도입 비례가 가장 크고 추산된다. 다음으로 시멘트업이 포함된 비금속광물업, 석유·석탄업, 석유화학업등으로 나타났다. 또 탄소세 도입에 따른 탄소중립비용으로 철강, 석유화학, 시멘트업등에 부담이 클 것으로 전망됐다.

고강도 고성능 건설재료 적용 확대를 통한 탄소저감 및 기술경쟁력 향상

고성능 콘크리트와 철근 적용은 탄소중립 향한 기술 경쟁력

□ 시멘트와 철강 산업은 온실가스 다량 배출 산업

- 다량 배출 산업: 철강(32.3%) > 석유화학(17.2%) > 시멘트(14.2%)
- 온실가스 다배출 기업: 상위 기업에 철강, 시멘트 관련 기업 다수



REF: 이성호, 한국 2050 넷제로 과제, 한-EU 세미나, 에너지 전환 포럼

□ 저탄소 콘크리트 시장은 크게 성장 전망



REF: 발명진흥회



REF: 대한민국2050 탄소중립 전략, 2020

□ 저탄소 건설재료의 활용도와 탄소저감의 증대를 위해 탄소중립 고성능 콘크리트 기술 개발도 병행 필요

- 전 세계적으로 저탄소 시멘트, 탄소저감 콘크리트 기술은 초기단계

Mineralization into Inorganic Materials

Program Focus Area

- R&D Activities and Challenges:
 - Controlling and accelerating carbonate reactions
 - Optimizing process design
 - Characterizing and developing new material formulations
 - Scaling improving CO₂ uptake

KEY ADVANTAGES

- Effective long-term storage solution for CO₂
- Can use flue gas directly
- Thermodynamically favorable reactions
- Large volume value-added products

사건	태양광 적용 수량	국토성 발주공사 적용 수량	요구 성능
경계 블록	75개	40개	압축강도 24MPa
펜스 가스 블록	40개	-	압축강도 18MPa
포장용 블록	약 5,500개	-	취강도 5MPa (차도용)

- 탄소중립 콘크리트의 고성능화, 경제성 향상 기술 확보 필요
- 탄산화 촉진 철근부식 문제로 블록 등 2차 제품 위주로 활용 → **고성능화**
- 탄소포집 콘크리트의 제조 가격이 고가로 실용화에 장애 요소 → **저비용**

Diffusion of CO₂ and Ca²⁺ in pores

배기가스 등

CO₂ 흡수

메탄가스

연료 화장품

탄산칼슘

저장 CCS [Carbon dioxide Capture and Storage]

재활용 CCU [Carbon dioxide Capture and Utilization]

CO₂ 배출량 (kg/m³)

콘크리트 종류	CO ₂ 배출량 (kg/m ³)
일반콘크리트	~200
고로슬래그 콘크리트	~150
시멘트 재료 T-eConcrete	~100
시멘트 재료+탄산칼슘 T-eCon/Carbon-Recycle	~50

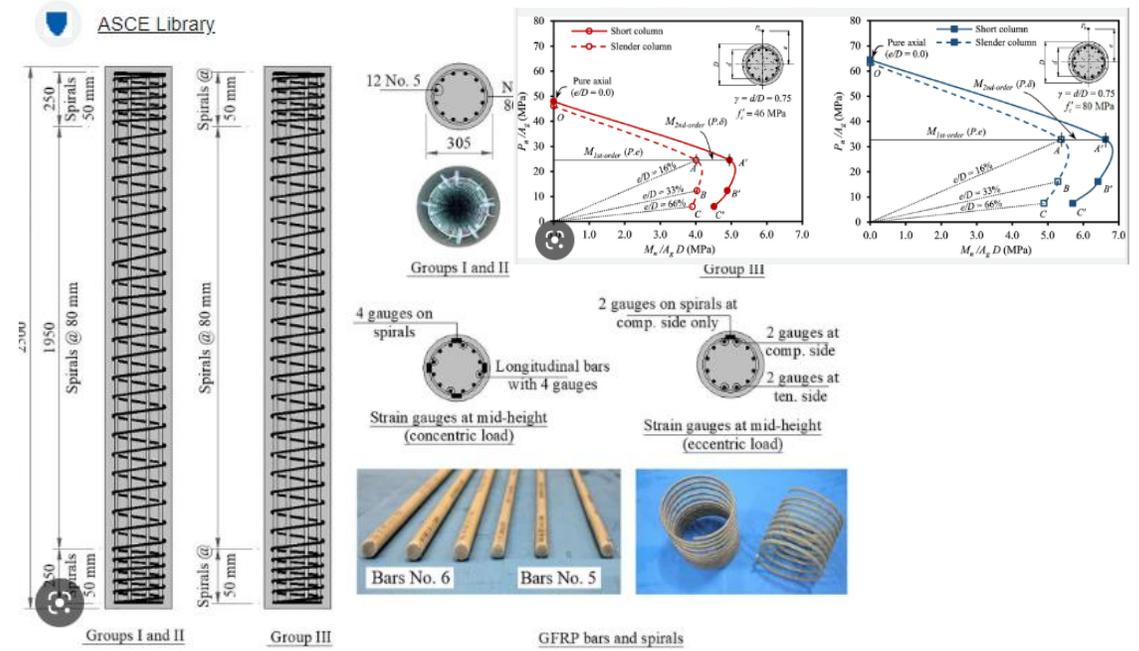
- 탄소중립 콘크리트의 규격, 구조설계기준 등 기준 부재 → **기준 정립**

고강도 고성능 건설재료 적용 확대를 통한 탄소저감 및 기술경쟁력 향상

스마트 콘크리트 기술과 고성능 보강재 개발을 통한 구조물 경량화 및 사용재료 감소



- **고강도 콘크리트** 기술 개발 및 적용 확대
- 콘크리트 압축강도 기존 21~40 MPa급에서 최근 **150 MPa급 이상** 개발 및 사용 급증
- 마이크로·나노 재료를 융·복합 압축강도 80~180 MPa(일반 콘크리트 대비 5배 이상), 인장강도 19 MPa(미국 대비 1.3배, 프랑스 대비 1.6배), **내구수명 200년 이상(일반 콘크리트 대비 4배 이상)** 확보
- 기존 동급의 콘크리트 대비 **제조비용을 50% 이상 절감** 초고성능 콘크리트 기술 개발



- 고성능 보강재 적용을 통한 고성능 콘크리트 부재 기술 개발
- GFRP 내부 및 외부 보강재 적용 통한 **콘크리트 부재 경량화**
- 복합거동을 통한 **내진 성능 향상**
- 비부식성 보강재 적용으로 **부식 내구성 향상**

고강도 고성능 철근 적용 확대를 통한 기술 혁신

철근 사용에 대한 세계적 환경 문제 대두 및 탄소저감 목표 강화

□ 국내외 건설기준 철근 허용강도 점진적 증가

- 유럽 EUROCODE 2/8에서는 주철근/전단철근 600 MPa급 까지 허용
- 미국 ACI 318-19에서는 주철근/전단철근 690 MPa급 허용
- 국내 콘크리트 기준 KDS 14 20 00에서는 주철근/전단철근 600 MPa급 허용
→ **국내 국책과제 수행으로 700 MPa급 철근 KS 등재 完, 건설기준 등재 추진 中**

□ 국내외 건축물 초고층/초대형/장경간 추세

- 건축물, 초고층 건물 및 장대 교량 따른 재료 요구성능 증가
→ **구조물 자중 증가, 필요 응력 증가/일반 철근 적용 시 과다 배근 우려**
※ 국내 30층 이상 건축물 3,200개, 50층 이상 107개, 2017년 기준

□ 제품 규격 고강도화

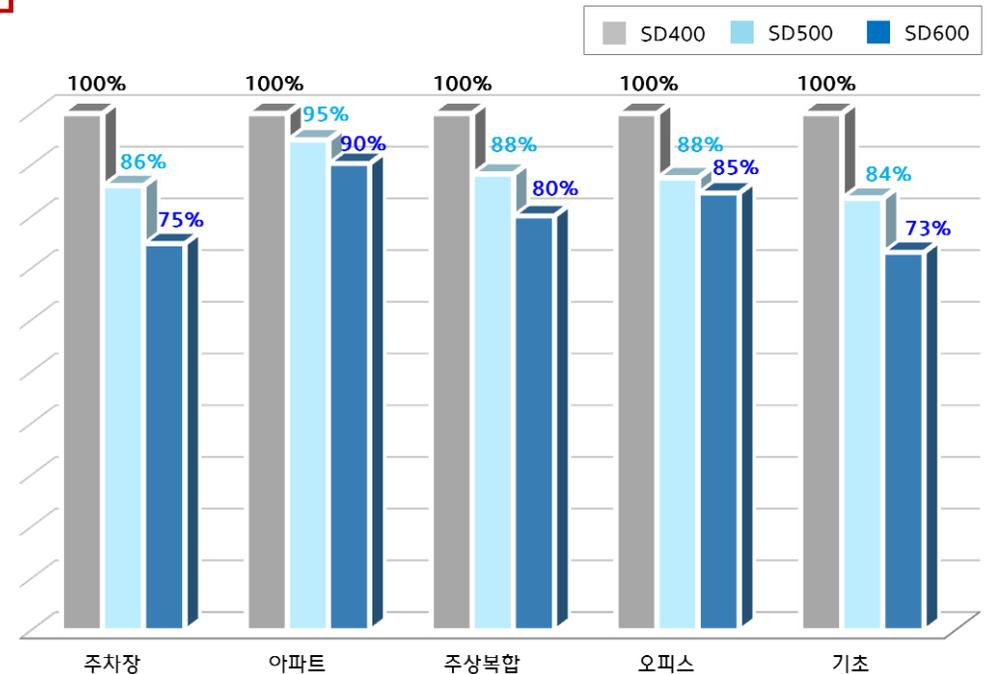
- KS 규격 SD700 등재 완료
- ArcelorMittal 1,000 MPa 개발/공급, 동경제철 980 MPa 개발/공급

□ 국내 탄소중립 2050 시나리오 발표

- 건설부문 전 산업분야 CO₂ 배출 50% 차지(비중 높음)
- '30년 건설부문 배출목표 19.5% → 32.8% 상향
- 건축부문 제로 에너지 건축 및 그린 리모델링 등 녹색건축 제도 활성화

□ 철근 생산 평균 CO₂: 374 kg-CO₂/t

- SD400 → SD600 변경 시 최대 물량 27% 절감
- SD400 1,000t 설계 기준 SD600급 철근 적용 시 CO₂ 100,980 kg 절감 가능



<고강도 철근 활용한 탄소배출량 저감>

고강도 고성능 철근 적용 확대를 통한 기술 혁신

국내 지속적 지진 발생으로 인한 안전 인식 강화

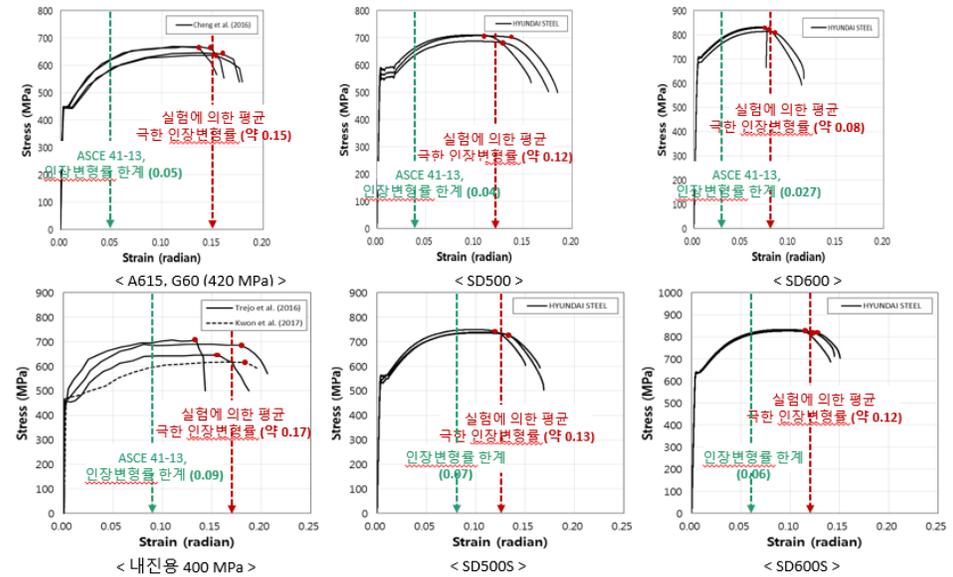
□ 구조물이 점차 대경간 및 초고층화 되면서 고강도 철근에 대한 수요 증가

- SD600 및 SD700 철근이 개발되어 KS 개정에 반영
- 고층 아파트에는 SD500 및 SD600이 주로 사용되고 있음
- 고강도 철근은 오랫동안 사용해온 SD400에 비해서 변형능력이 떨어짐



□ 일반용 고강도 철근의 한계를 보완하기 위해 내진용 철근 개발

- 내진용철근: 인장-항복강도비(f_u/f_y) 125 이상인 철근
- KDS 41 00 건축설계기준에서 특수 내진시스템에 필수적 사용 명시
- KDS 24 00 교량설계기준에서 소성 힌지 구간 필수적 사용 명시



□ 철근 특성 고려한 설계 적용 필요

- 연성을 요구하는 구조물 대상 내진용철근 적용 필수
- 철근의 지속적 고강도화에 따른 연성능력 확보 필요 → 고강도 내진용철근
- 초고층, 초대형 건물의 내진 성능 요구 건물 대상 내진용철근 적용 안전성 확보

<일반철근 vs 내진용철근 재료성능 비교>

고강도 고성능 철근 적용 확대를 통한 기술 혁신

특수환경 노출 구조물 맞춤형 철근 소재 개발 필요

□ 특수구조물 맞춤형 소재 개발 필요

- 에너지 문제 해결 위한 수소연료, 극한지 자원개발에 대한 관심 증대 및 인프라 기술 개발 필요
- 극한지 자원 개발 및 이송을 위한 영하 40도 이하의 극한지 구조물 설계 기술 개발 필요
- 인류 거주지 확보, 자원고갈 및 식량 부족 등의 문제 해결 위한 우주구조물 연구 개발 추진

□ 초저온(-165 °C)를 견디는 철근 기술 개발 필요

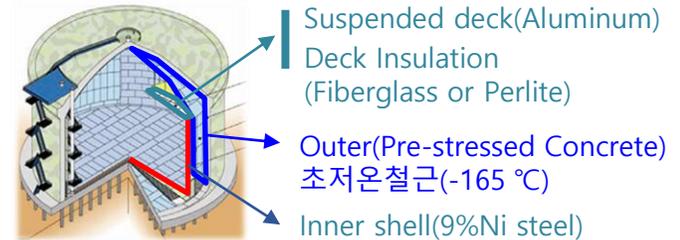
- 초저온 대응 철근 활용한 LNG 저장용 탱크 기술 개발 및 상용화 진행 중
- 사용자 Needs를 반영한 고부가가치 건설소재 개발 필요

□ 현재 우리나라는 700 MPa급 고강도 철근 개발 완료. 단, 제도적 기준 및 실용화가 필요한 단계

- [유럽] 아르셀로미탈 1,000 MPa급 철근(D32) 개발
- [일본] 동경제철 980 MPa 개발
- [국내] SD700 철근 개발 및 KS 등재 완료

LNG 저장용 탱크

- ✓ 천연가스를 극저온의 액화 상태로 저장하기 위한 탱크
- ✓ LNG 저장용 사용 강재: 초저온철근(-165 °C급)
- ✓ 외부 지지 강재: 압력용기(A516,5~40t), 구조용(A36,~80t)

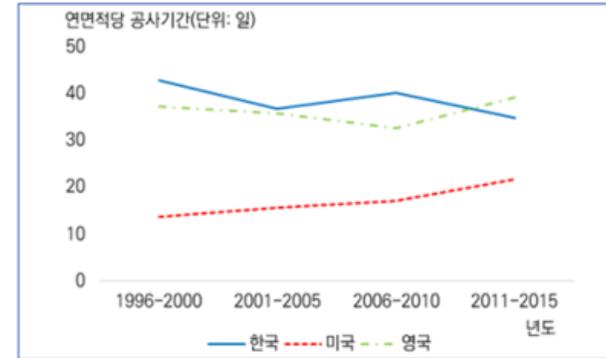


구분	개발현황
국외	<ul style="list-style-type: none">• ArcelorMittal社(KRYBAR)<ul style="list-style-type: none">- 1980년대부터 개발- 전세계 저장탱크 공급(250개 이상)• CMC社(CRYOSTEEL)<ul style="list-style-type: none">- 2017년 개발 및 상용화
국내	<ul style="list-style-type: none">• 현대제철<ul style="list-style-type: none">- 2020년 개발- 광양 LNG 터미널 공급

조립식공법을 통한 생산성 향상 및 자재 사용량 감축

조립식 건설 기술 및 스마트 기술 적용을 통한 생산성 향상

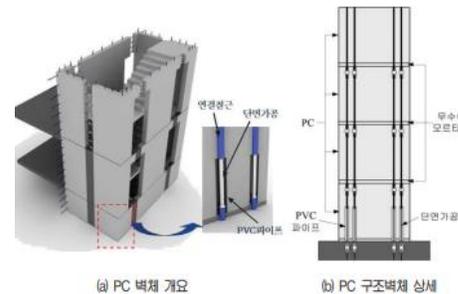
- **건설산업 생산성: 우리나라 14%, 선진국(미국) 34%** ▷ 공기단축(자동화, 정책)
 - 국내 건설기간은 미국 대비 23배(민간 후분양제, 공공시설물 예산)
 - 에너지 문제 해결 위한 수소연료, 극한지 자원개발에 대한 관심 증대 및 인프라 기술 개발 필요
- **생산방식에 대한 패러다임 변화**
 - 스마트 팩토리, 하이테크 기술을 접목시킨 요소 기술의 등장
 - 생산성 증대와 투자 비용 저감의 핵심으로 다품종 소량생산화 선호



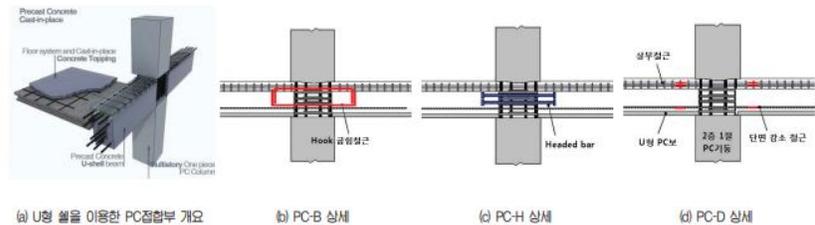
나라별 건설 생산성 분석 및 기술개발 방향, 이치주, 국토연구원 2020.12.

- **4차 산업기반 스마트 건설기술 활용 요구**
 - 전산업의 지능화 기술 활용, 공기단축, 인력투입 절감
 - 건설공사 + DNA 기술 접목
 - 생산성, 안전성, 품질 등을 향상시켜 산업 기술의 발전 견인
 - 스마트 건설기술 로드맵 적용

<국가별 생산성 분석>



<조립식 건설기술 개발>



- **OSC 기반 조립식 건설 기술 활용 생산성 향상 및 품질 향상 필요**
 - 공기 단축 및 인력 절감
 - 마감일체형 및 구체축열 온돌 등의 기술 통한 마감공정 최소화
 - 구조물의 경량화로 인한 구조물 크기 감소
 - 우수한 내진 성능 확보 가능

콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

현황 및 사회적 니즈

❖ 천연부존자원의 한계

- 석회석, 골재 및 철광석 등의 건설자재 자원들의 한계
- 시멘트 및 콘크리트 사용량 감소 필요
- 탄소중립/지속가능성 요구에 따른 천연자원 보존 강화기조

❖ 고강도, 고성능 콘크리트 활용 부재 경량화 필요

- 고강도, 고성능 콘크리트 부재 적용 통한 부재 경량화 및 사용재료 감소
- 고성능 보강재 활용 등 고성능 부재기술 개발 필요

❖ 고강도, 고성능 철근 활용 기술 개발 필요

- 내진 성능 강화 고강도 철근 개발 및 적용 필요
- 특수 구조물 맞춤형 철근(초저온 대응형) 철근 기술 개발 필요

❖ OSC 조립식 시공을 통한 건설 생산성 향상 필요

- OSC 조립식 시공 기술 적용으로 공기 단축 및 인력절감 필요
- 구조물 경량화 통한 구조물 크기 감소, 자재 사용량 감축 및 품질 향상

세부 목표

❖ 고강도/고성능/경량 콘크리트 설계/시공기반 구축

- 구조경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축
- 고성능 콘크리트 사용확대를 위한 재료 및 설계 기술 개발 (고강도/고내구성 콘크리트 사용)
- 부재단면 감소를 고려한 높은 강도-밀도 비를 갖는 최적화 콘크리트 설계기술 개발
- 고강도, 고성능 복합부재 활용 고성능 부재 개발

❖ 고강도, 고성능 철근 개발 및 관련 규격 제정

- 경제성 및 구조 안전성을 확보한 국내 초고강도 철근 성능 정립
- 초고강도 고성능 철근(SD700 이상 급) 개발 및 사용 확대
- 재료규격 및 설계기술 개발

❖ 조립식 공법 및 PSC 적용 확대를 통한 재료사용량 감축

- 디지털 기반의 공장조립식 콘크리트 생산시스템 개발
- 공장생산형 조립식 시공 기술 확대를 통한 구조의 슬림화 및 생산성 향상
- PSC 공법을 활용한 바닥구조 슬림화 공법개발

고강도/고성능 콘크리트 및 철근 사용과 조립식 공법 확대적용

세부목표 1

고강도/고성능/경량 콘크리트 설계/시공 기반 구축

- 구조 경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축
- 고성능 콘크리트 사용확대를 위한 재료 및 설계 기술 개발(고강도, 고내구성 콘크리트 사용)
- 고강도 고성능 복합부재 활용 고성능 부재 개발

세부목표 2

고강도/고성능 철근/대체재 개발 및 관련 규격 제정

- 초고강도 고성능 철근(SD700/800 이상 급) 개발 및 사용 확대
- 고강도/고내구성 철근대체재 및 설계기술 개발

세부목표 3

조립식 공법(OSC) 및 PSC 적용 확대를 통한 재료사용량 감축

- 디지털 기반 공장조립식 콘크리트 생산시스템 개발
- 공장생산형 조립식 공법을 통한 구조의 슬림화 및 생산성 향상
- PSC 활용 바닥구조 슬림화

콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

Lean Construction



경제성 확보/탄소배출 감축/자연보호

세부목표 1) 고강도/고성능/경량 콘크리트 설계/시공 기반 구축

인공경량골재 활용 구조경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 고강도, 고성능 콘크리트 부재 적용 통한 부재 경량화 및 사용재료 감소
- ❖ 부재단면 감소를 고려한 높은 강도-밀도 비를 갖는 콘크리트 개발
- ❖ 고성능 보강재 활용 등 고성능 부재기술 개발 필요
- ❖ 탄소중립/지속가능성 요구에 따른 시멘트 및 철근 사용량 감소 필요



비전

- ❖ 구조경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축
- ❖ 고성능 콘크리트 사용확대를 위한 재료 및 설계 기술 개발(고강도, 고내구성 콘크리트 사용)
- ❖ 고강도, 고성능 복합부재 활용 고성능 부재 개발

중점추진사항

(단기-중기) 인공경량골재 생산라인 확립

- ❖ 고품질의 인공경량골재 생산라인 구축

굵은골재

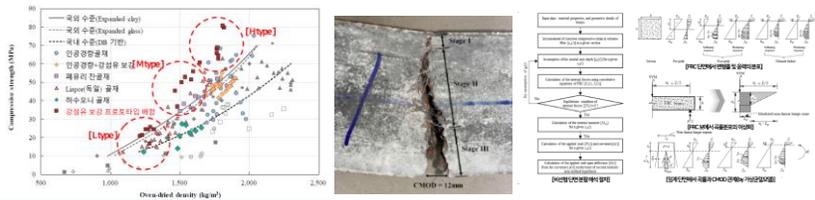


잔골재



(중기) 경량골재 콘크리트 배합설계 기술

- ❖ 목표 강도-밀도 비에 대한 안정적인 배합설계 가이드라인
- ❖ 취성도 및 낮은 균열저항성 개선을 위한 인성 향상 기술



(장기) 경량골재 콘크리트 설계/시공 기술

- ❖ 역학적 특성 설계모델 제시
- ❖ 목표성능(강도-밀도 비 및 인성)을 고려한 구조 설계 방법론 제시
- ❖ OSC 공법을 고려한 공장제작, 운반, 양중 및 시공 가이드라인 제시

세부목표 1) 고강도/고성능/경량 콘크리트 설계/시공 기반 구축

물량 저감형 고성능 콘크리트 재료·활용·설계기준 개발

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 고강도, 고성능 콘크리트 부재 적용 통한 부재 경량화 및 사용재료 감소
- ❖ 부재단면 감소를 고려한 높은 강도-밀도 비를 갖는 콘크리트 개발
- ❖ 고성능 보강재 활용 등 고성능 부재기술 개발 필요
- ❖ 탄소중립/지속가능성 요구에 따른 시멘트 및 철근 사용량 감소 필요



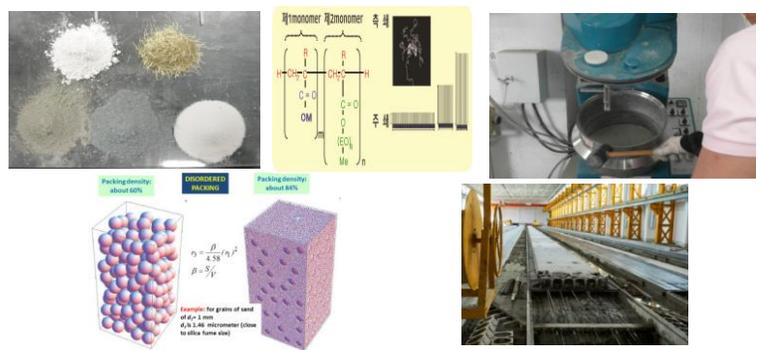
비전

- ❖ 구조경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축
- ❖ 고성능 콘크리트 사용확대를 위한 재료 및 설계 기술 개발(고강도, 고내구성 콘크리트 사용)
- ❖ 고강도, 고성능 복합부재 활용 고성능 부재 개발

중점추진사항

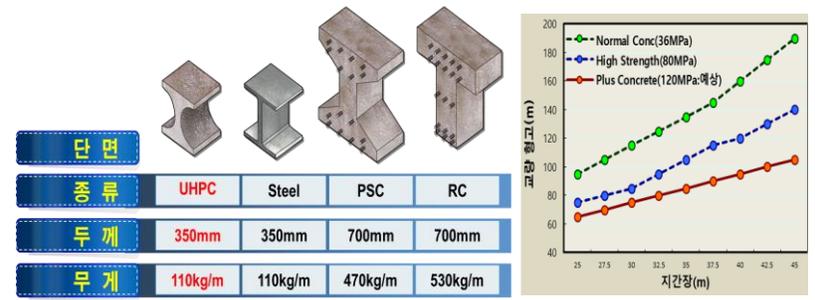
(단기) 물량 저감형 고성능 콘크리트 재료기술

- ❖ 고품질 구성재료의 원천기술 확보
- ❖ 경제성을 고려한 배합 및 생산 기술



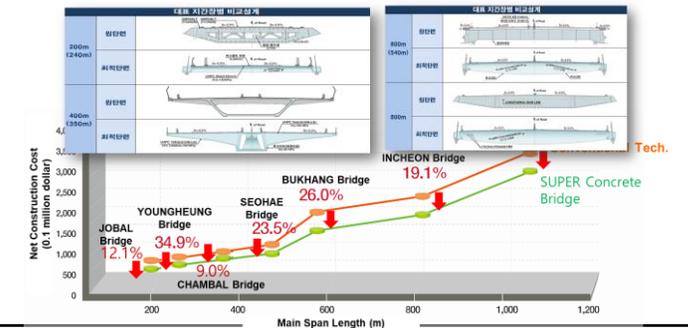
(중기) 물량 저감형 고성능 콘크리트의 설계 기술

- ❖ 구조·부재별 고성능 콘크리트 특성을 활용한 설계기법
- ❖ 물량 저감형 구조 설계기준 개발 및 표준화



(장기) 물량 저감형 고성능 콘크리트 활용 기술

- ❖ 교량/건축물 등 최적 구조 시스템 개발
- ❖ 최적 시공기술 개발 및 적용(시공 및 유지관리 지침 등 개발)



세부목표 1) 고강도/고성능/경량 콘크리트 설계/시공 기반 구축

고성능 보강재 활용 고성능 구조부재 기술 개발

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 고강도, 고성능 콘크리트 부재 적용 통한 부재 경량화 및 사용재료 감소
- ❖ 부재단면 감소를 고려한 높은 강도-밀도 비를 갖는 콘크리트 개발
- ❖ 고성능 보강재 활용 등 고성능 부재기술 개발 필요
- ❖ 탄소중립/지속가능성 요구에 따른 시멘트 및 철근 사용량 감소 필요



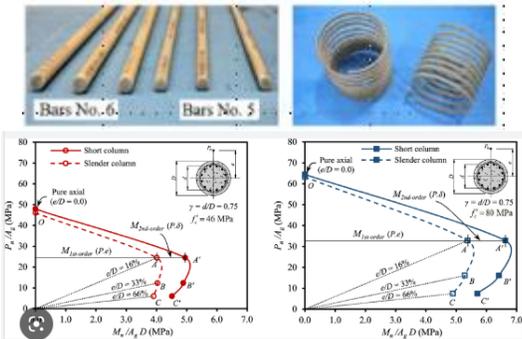
비전

- ❖ 구조경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축
- ❖ 고성능 콘크리트 사용확대를 위한 재료 및 설계 기술 개발(고강도, 고내구성 콘크리트 사용)
- ❖ 고강도, 고성능 복합부재 활용 고성능 부재 개발

중점추진사항

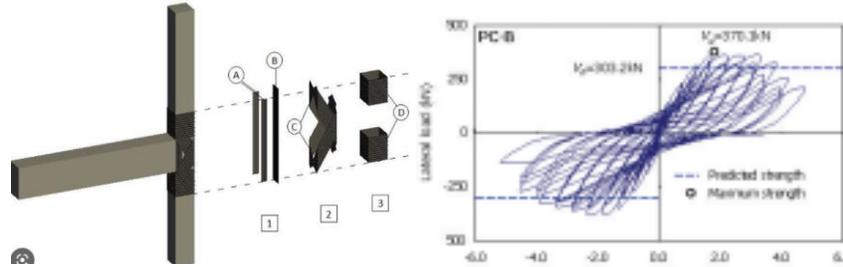
(단기-중기) 고성능 보강 재료 기술 확보 및 활용

- ❖ 고성능 보강재 생산 및 원천기술 확보
- ❖ 재료 품질 검증 및 역학적 내구적 적합성 분석



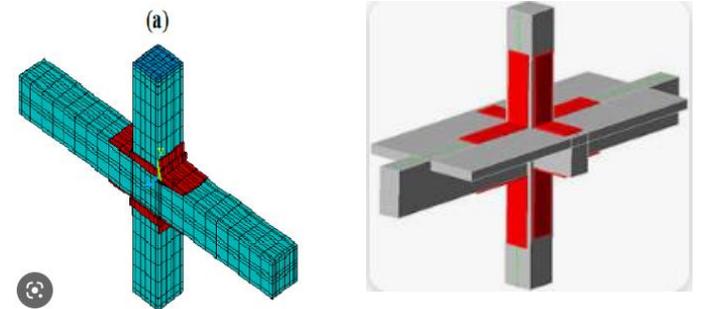
(단기-중기) 고성능 복합효과 검증

- ❖ 고성능 복합부재 성능 검증



(장기) 고성능 복합 부재 설계 및 시공기술 개발

- ❖ 고성능 복합 부재 설계 기술 개발
- ❖ 고성능 복합 부재 시공 및 유지관리 지침 개발



세부목표 2) 고강도/고성능 철근 개발 및 관련 규격 제정

고강도 철근을 활용한 철근 사용량 감축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 내진 성능 강화 고강도 철근 개발 및 적용 필요
- ❖ 특수 구조물 맞춤형 철근(초저온 대응형) 철근 기술 개발 필요
- ❖ 탄소중립/지속가능성 요구에 따른 시멘트 및 철근 사용량 감소 필요



비전

- ❖ 경제성 및 구조 안전성을 확보한 국내 초고강도 철근 성능 정립
- ❖ 초고강도 고성능 철근(SD700 이상 급) 개발 및 사용 확대
- ❖ 재료규격 및 설계기술 개발

중점추진사항

(단기) 초고강도 고성능 철근 개발

(단기-중기) 고강도 철근 설계기준 개발 및 실용화

(장기) 탄소배출량 감축을 위한 고강도 철근 설계기술 개발 및 적용

- ❖ 강도 및 연성 확보를 위한 최적 성분설계 개발

가공경화

소성가공에 의해 금속 내 격자결함 증가
→ 전위 이동 방어로 강도 정도 증가

석출강화

분산된 석출물에 의해 전위 이동 방해하여
강도 증가. 석출물간 거리가 짧을수록 효과적 (Zener-Pinning)

고용강화

고용원소 첨가로 격자 왜곡과 용량장 형성
→ 슬립 발생시 용력장의 장애를 역할 (Cottrell effect)

입도미세화

인접 입자간 결정방위차가 클수록 전위이동 방해
결정립이 미세할수록 입계에 집적되는 전위 감소 (Hall-Petch equation)

- ❖ 콘크리트 구조설계기준 SD700급 고강도철근 등재
- ❖ 미국 ACI-318 내 Gr100(690 MPa) 등재 완료
- ❖ 일본 항복강도 685 MPa 이상 규정

	국내	미국	유럽	일본
재료규격	SD700/ SD700S	A615 Gr.100 A706 Gr.100	B500	SD490
설계기준	600 MPa	690 MPa	600 MPa	1,275 MPa

- ❖ LCC를 고려한 탄소배출량 평가기준 정립 및 요소기술 개발

(Reference : BS EN 15804)

세부목표 2) 고강도 고성능 철근 개발 및 관련 규격 제정

고성능 및 극한환경 맞춤형 대응 철근 개발

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 내진 성능 강화 고강도 철근 개발 및 적용 필요
- ❖ 특수 구조물 맞춤형 철근(초저온 대응형) 철근 기술 개발 필요
- ❖ 탄소중립/지속가능성 요구에 따른 시멘트 및 철근 사용량 감소 필요

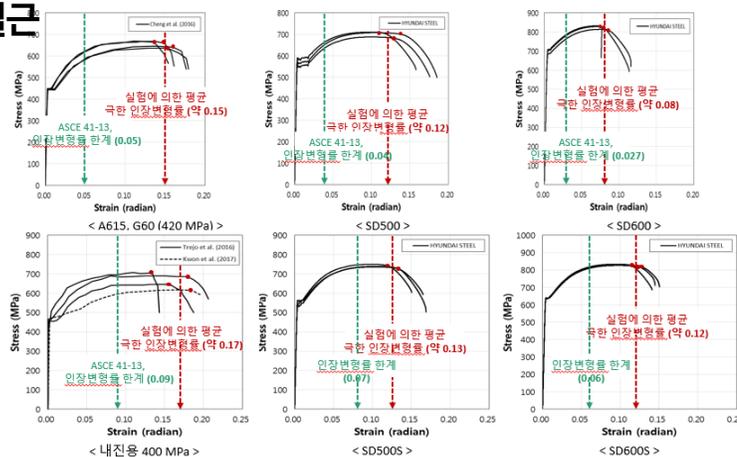
비전

- ❖ 경제성 및 구조 안전성을 확보한 국내 초고강도 철근 성능 정립
- ❖ 초고강도 고성능 철근(SD700 이상 급) 개발 및 사용 확대
- ❖ 재료규격 및 설계기술 개발

중점추진사항

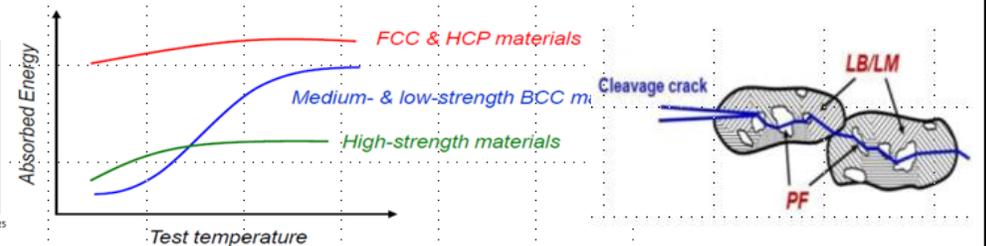
(단기-중기) 내진 성능 향상 고성능 철근 개발

- ❖ 인장-항복강도비(f_t/f_y) 1.25 이상인 고강도철근
- ❖ KDS 건축설계기준 특수 내진시스템 적용
- ❖ KDS 교량설계기준 소성 힌지 구간 적용



(중기-장기) 극저온 대응형 철근 개발

- ❖ 에너지 문제 해결 위한 다양한 인프라 개발
- ❖ 극한지 자원 개발 및 이송 극한지 구조물 설계 기술 개발 필요



세부목표 3) 조립식 시공(OSC) 및 PSC 적용 확대를 통한 재료사용량 감축

조립식 PC 공법의 개발 및 적용 확대

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 낮은 디지털화로 인해 생산성 증가율 1%로, 전체 산업 중 최하위 수준
- ❖ OSC 조립식 시공 기술 적용으로 공기 단축 및 인력절감 필요
- ❖ 구조물 경량화 통한 구조물 크기 감소, 자재 사용량 감축 및 품질 향상



비전

- ❖ 디지털 기반의 공장조립식 콘크리트 생산시스템 개발
- ❖ 공장생산형 조립식 시공 기술 확대를 통한 구조의 슬림화 및 생산성 향상
- ❖ PSC 공법 활용 바닥구조 슬림화

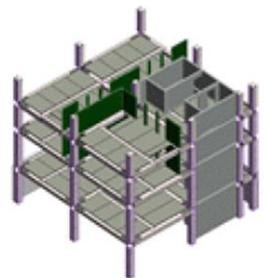
중점추진사항

(단기-중기) OSC 기반 표준기술 개발

- ❖ PC 공동주택 표준모듈 개발
- ❖ PC 접합부 표준상세 개발

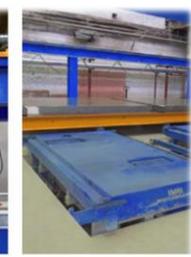


㉔ HC슬래브가 전현부 성는 필가



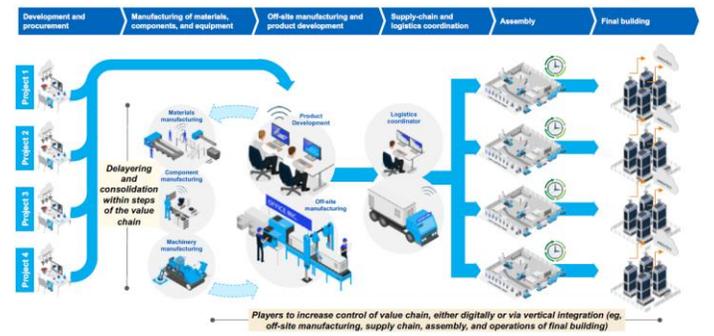
(중기-장기) 생산공정의 자동화/로봇화 기술 개발

- ❖ 생산/품질 향상을 위한 자동화 기술
- ❖ 최적 작업을 위한 로봇기술
- ❖ 딥러닝 기반 생산공정/품질 모니터링



(장기) 공정설계 및 모니터링 개선

- ❖ 생산관리 통합시스템 개발
- ❖ 공정설계/모니터링 개선을 위한 AI 활용기술



세부목표 3) 조립식 시공(OSC) 및 PSC 적용 확대를 통한 재료사용량 감축

OSC 기반 고강도/경량 부재 요구 → 부재크기 감소를 통한 탄소중립 및 생산성 향상

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 낮은 디지털화로 인해 생산성 증가율 1%로, 전체 산업 중 최하위 수준
- ❖ OSC 조립식 시공 기술 적용으로 공기 단축 및 인력절감 필요
- ❖ 구조물 경량화 통한 구조물 크기 감소, 자재 사용량 감축 및 품질 향상



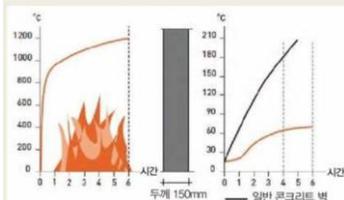
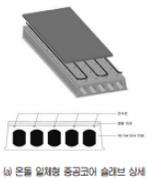
비전

- ❖ 디지털 기반의 공장조립식 콘크리트 생산시스템 개발
- ❖ 공장생산형 조립식 시공 기술 확대를 통한 구조의 슬림화 및 생산성 향상
- ❖ PSC 공법 활용 바닥구조 슬림화

중점추진사항

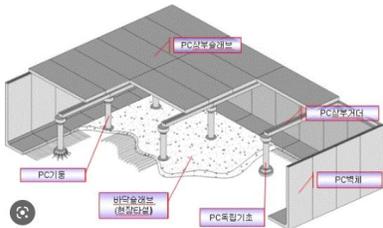
(단기) OSC 기반 경량화 요소 기술 개발

- ❖ PC 경량부재 접합부 내화기준
- ❖ PC 복합기능화 부재 개발
- ❖ 경량 부재 양중 시공법 향상



(단기-중기) OSC 기반 조립식 시공법 제규정 간소화

- ❖ 허가 절차 등 간소화
- ❖ 설계 및 시공 국가기준 제시 및 설계 기술 발전



(중기-장기) 생산성 향상

- ❖ 조립식 공법 확대적용 통한 생산성 향상
- ❖ OSC 기반 시공 통한 자재 품질 고도화

프리캐스트 콘크리트 조립식건축 구조기준
건설부고시 제1992-564호, 1992. 10. 24

1. 총 칙

1.1 (목적) 이 기준은 건축물의 구조기준에 관한 규칙 제71조제1항의 규정에 의하여 프리캐스트 콘크리트 조립식 건축물의 구조내력의 기준 및 구조제안의 방법과 이와 관련한 구조기준을 정함을 목적으로 한다.



세부목표 3) 조립식 시공(OSC) 및 PSC 적용 확대를 통한 재료사용량 감축

PSC 공법을 활용한 바닥구조 슬림화

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 낮은 디지털화로 인해 생산성 증가율 1%로, 전체 산업 중 최하위 수준
- ❖ OSC 조립식 시공 기술 적용으로 공기 단축 및 인력절감 필요
- ❖ 구조물 경량화 통한 구조물 크기 감소, 자재 사용량 감축 및 품질 향상



비전

- ❖ 디지털 기반의 공장조립식 콘크리트 생산시스템 개발
- ❖ 공장생산형 조립식 시공 기술 확대를 통한 구조의 슬림화 및 생산성 향상
- ❖ PSC 공법 활용 바닥구조 슬림화

중점추진사항

(단기) PSC PC 바닥 구조의 적용 확대

- ❖ PC 중공슬래브 사용확대



(단기-중기) PSC 현장 바닥구조 적용 확대

- ❖ PSC 2방향 슬래브 적용 확대



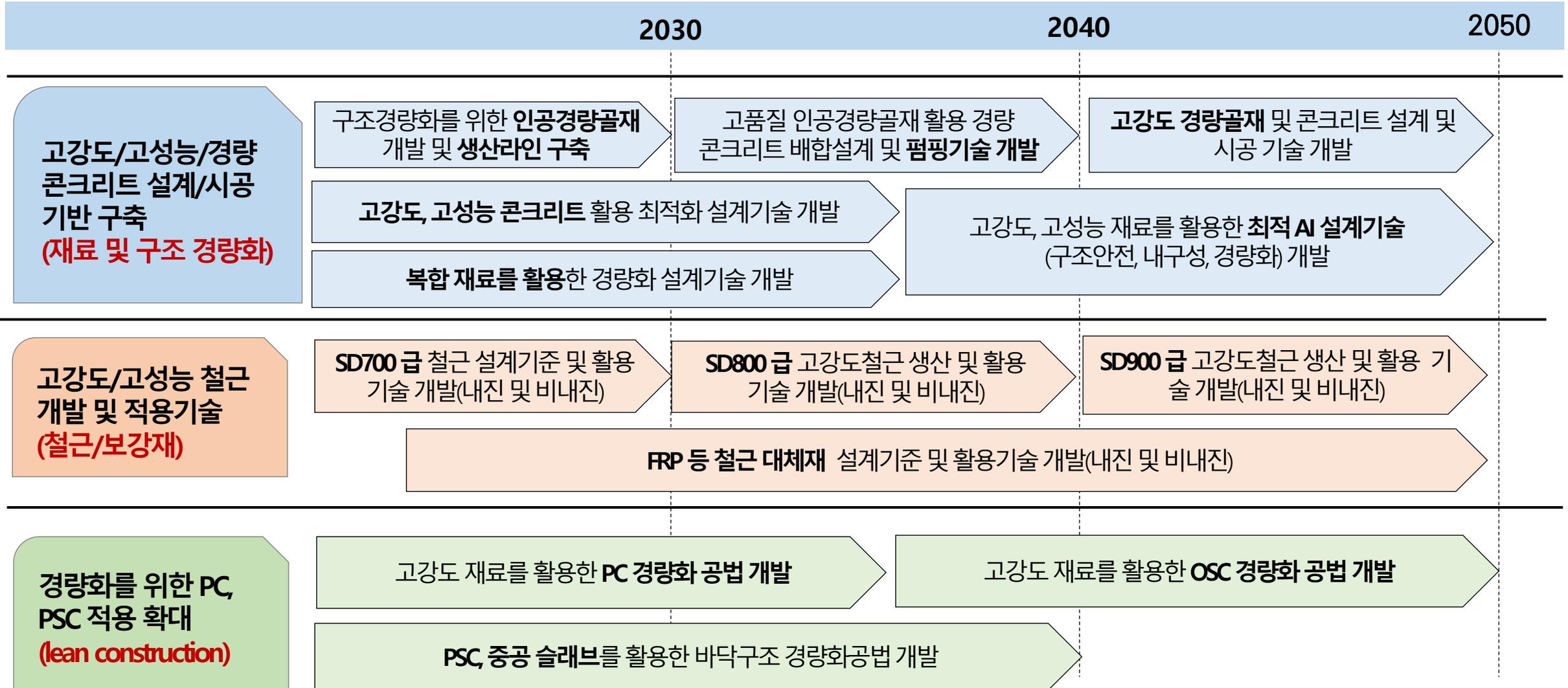
(장기) 현장 중공슬래브 사용확대

- ❖ 중공체를 사용한 현장 중공슬래브



3.5 추진전략

콘크리트와 철근 사용량 20% 감축 추진전략



3.7 기대효과

콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

고강도/고성능/경량 콘크리트 설계/시공 기반 구축(세부목표 1)

- ✓ 구조경량화를 통한 하중과 재료 사용량의 감축
- ✓ 고성능 콘크리트 사용확대를 위한 재료 및 설계 기술 개발
- ✓ 고강도, 고성능 복합부재 활용 고성능 부재 개발

고강도/고성능 철근 개발 및 적용 확대 (세부목표 2)

- ✓ 경제성 및 구조 안전성을 확보한 국내 초고강도 철근 성능 정립
- ✓ 초고강도 고성능 철근(SD700 이상 급) 개발 및 사용 확대
- ✓ 재료규격 및 설계기술 개발

OSC 기반 조립식 시공 적용 확대를 통한 재료사용량 감축(세부목표 3)

- ✓ 디지털 기반의 공장조립식 콘크리트 생산시스템 개발
- ✓ 공장생산형 조립식 시공 기술 확대를 통한 구조의 슬림화 및 생산성 향상
- ✓ PSC 건축구조 확대적용

기대 및 파급효과

- ✓ 인공경량골재 활용-골재 등 천연자원 사용 절감
- ✓ 경제성을 고려한 물량 저감형 고성능 콘크리트 개발을 통한 콘크리트 재료 사용량 절감
- ✓ 고성능 콘크리트 부재 기술 적용 대형화, 장경간화 대응 부재 슬림화를 통한 재료 사용량 절감

- ✓ SD700 이상 급 고강도, 고성능 철근 개발 및 적용에 따른 철근 사용량 절감
- ✓ 내진 및 극한 환경 대응형 고성능 철근 개발을 통한 사용량 최적화

- ✓ 구조 슬림화 및 생산성 향상에 따른 재료 사용량 절감
- ✓ 부재 품질 및 내구성 고도화를 통한 LCC 기반 재료 사용량 절감

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 **목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축**

05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

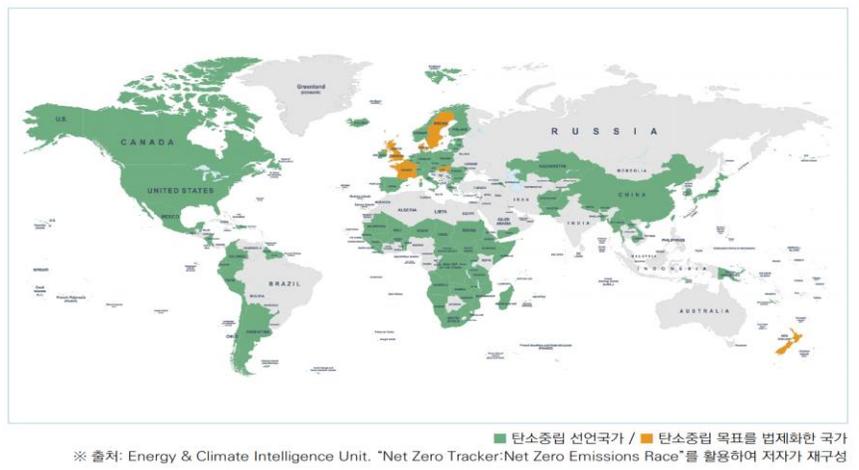
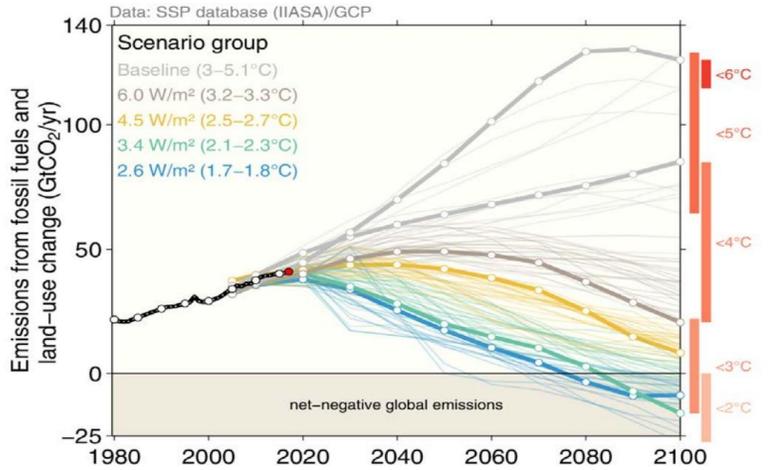
08 중점추진사항과 주요사업요약

지구 온난화와 국제 탄소중립정책

지구 온난화

탄소중립 선언 국가

국가별 탄소중립 달성시기



순위	국 가	온실가스 배출량 (백만톤 CO ₂ eq)	탄소중립 선언	목표달성 시기	이행수준
1	중국	12,476	→	2060년	정책 수립
2	미국	6,488	→	2050년	정책 수립 중
3	인도	2,793			
4	러시아	2,155			
5	일본	1,289	→	2050년	정책 수립
6	브라질	968			
7	이란	922			
8	인도네시아	899			
9	독일	894	→	2050년	정책 수립
10	캐나다	714	→	2050년	법제화 논의 중
11	대한민국	709	→	2050년	법제화 진행 중
12	멕시코	705	→	2050년	이행초기 논의 중
13	사우디아라비아	630			
14	호주	557			
15	남아프리카공화국	545	→	2050년	정책 수립

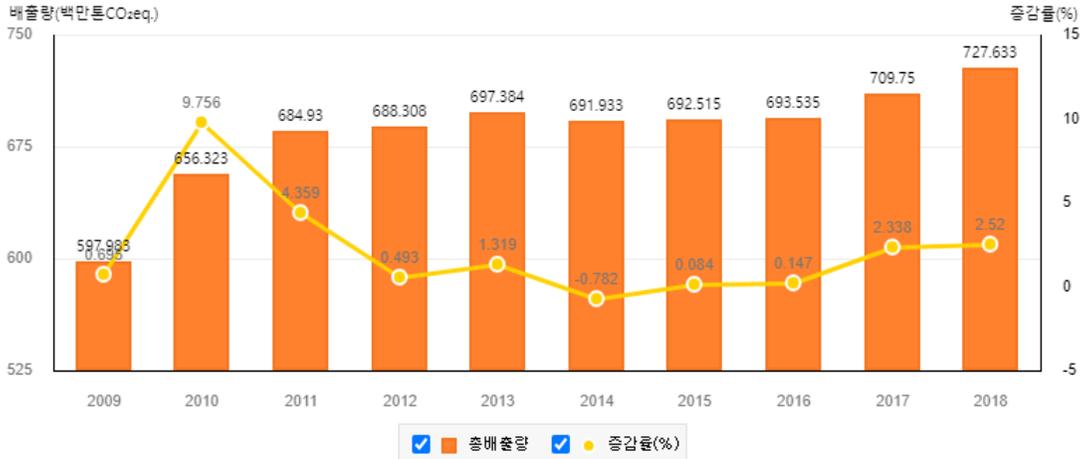
온난화로 인한 생태계 파괴, 기후변화로 인한 재해 예상

- 1850~1950년 대비 2011년에서 2020년까지 10년간 전 지구 지표면 온도는 1.09°C 상승
- 세계 각국은 기후변화대응에 대한 국제적 공조 필요성을 인식하고, 128개 국가가 탄소중립을 선언(2020년 12월 기준)하였으며, G7 국가 중 이탈리아를 제외한 미국, 일본, 독일, 캐나다, 영국, 프랑스가 탄소중립 선언
- 한국: 2020년 10월 탄소중립 선언국가 합류, 「2050 탄소중립 추진전략」, 「탄소중립 기술혁신 추진전략」 등을 수립, 탄소중립 사회 실현을 위한 '기술 개발, 정책수립, 체계강화' 추진 필요

한국 2050년 탄소중립목표

우리나라의 탄소배출량 및 건설재료의 영향

우리나라의 탄소배출 동향



REF: 온실가스종합정보센터, 2020년 국가온실가스 인벤토리 보고서, e-나라지표

□ 탄소중립이 필요하나, 오히려 탄소배출량 증가

- 2018년 배출량 728백만 톤 CO₂eq.으로 1990년대 149%



	2019 (MtCO ₂)	Share
Buildings use phase	9953	
Coal	496	
Oil	939	9% direct emissions
Natural gas	1663	
Electricity and heat	6855	19% indirect emissions
Buildings construction	130	
Construction energy use	130	
Material manufacturing	3430	10% indirect buildings and construction value chain emissions
Cement- and steel- manufacturing for construction	2038	
Other	1391	
Buildings and construction value chain	13512	38% of total energy related emissions

REF: IEA(2020), Cement, IEA, Paris

□ 국내 온실가스의 총배출량은 전 세계 8위(2018년 기준)

□ 건설재료 관련 산업의 탄소배출량은 전체의 10%

국내 산업에 대한 탄소중립정책의 영향

탄소세(ETS), 탄소국경세(CBAM) 관련 동향

뉴스 기획&특집 정책 DB 대한민국 정부 소개 공감

정책뉴스 카드/현장 포토/영상 사실은 이렇습니다 국민이 말하는 정책 기고/칼럼 브리핑 TOP 50 KTV

뉴스 > 정책뉴스

산업계에 부는 '탄소중립' 바람...철강·석유화학·시멘트업계 동참 잇따라

민간기업, 탄소중립 도전 공동선언문 서명...ESG·탈석탄 경영도 가속화

정책브리핑 원서면 2021.03.08

온실가스 배출의 주범으로 손꼽혔던 산업계에서 2050 탄소중립에 동참하려는 움직임이 잇따르고 있다.

온실가스 배출 1위인 철강업계를 시작으로 석유화학, 시멘트 업계가 탄소중립 공동선언문에 서명하고, ESG(환경·사회·지배구조) 경영 체제로 본격화하는 등 탄소 저감에 앞장서는 업종으로 탈바꿈하겠다고 스스로 나선 것이다.

중 거담한 바이든의 탄소국경세...韓 석유화학·철강 '비상'

탄소배출 많은 국가제품에 추가로 관세 물리는 방안 검토
세계 1위 탄소배출국 美 압박

음극반도 못한 韓 저탄소기술
당장 탄소중립 방법없이 발동
철강 등 400조 전환비용도 부담

송민근 기자 | 입력: 2020.11.05 17:46:07 수정: 2020.11.06 11:57:37

◆ 2020 미국의 선덕 / 바이든 환경공약의 역습 ◆

바이든 후보가 내건 환경 공약

파리기후협약 복귀	이달 4일 발효될 예정이던 파리기후협약의 탈퇴를 취소하고 합의에 복귀
2050 넷제로 선언	탄소 배출량(에너지 제외)의 합을 0으로 만드는 '탄소 넷제로' 2050년까지 추진
탄소국경세 도입	2025년까지 탄소 배출 많은 국가나 기업 제품에 관세를 대거 가격경쟁에 낮추기
기후변화 대응 투자	기후변화 대응에 10년간 1조7,000억달러 지출
전기차 충전소 보급	2030년까지 미국 내 50만개 이상 공공 전기차 충전소 보급
주택 에너지 효율 제고	2025년까지 건물 에너지 효율 높여 탄소 배출량 30% 감축

탄소국경세 도입시 우리기업 추가 부담 예상액

탄소배출량 (톤당 75달러)	탄소배출량 (톤당 300달러)
EU 7100억원	2조8465억원
미국 3400억원	1조3613억원

*2030년 예상 추가부담액
EV완성회계법인 자료

주요국의 온실가스 배출 현황

▼ CO2배출량 (단위: 백만톤) ▼ 전세계 비중 (단위: %)

국가	CO2배출량 (백만톤)	전세계 비중 (%)
미국	5269	14.6
중국	9839	27.2
인도	2467	6.8
러시아	1693	4.7
일본	1205	3.3
독일	799	2.2
이탈리아	672	1.9
사우디	635	1.8
한국	616	1.7
캐나다	573	1.6

전세계 3만6153

Global Carbon Atlas (2017자료) / 그래픽(대안): 박지형

탄소중립을 위해 철강, 석유화학, 시멘트 등 3개 업종의 전환 비용만 400조원 이상이 들 것으로 예상된다. 여기에 탄소국경조정세(탄소국경세)까지 시행되면 국내 산업계는 최대 4조원의 추가 비용을 부담해야 한다.

대한상공회의소에 따르면 탄소세가 도입될 경우 제조업의 생산량과 고용은 오는 2030년에 각각 1.67%, 0.93% 줄어드는 것으로 분석됐다.

업종별로는 철강, 비철금속 등이 포함된 1차 금속업 내 생산량이 탄소세 도입 피해가 가장 클 것으로 조사됐다. 다음으로 시멘트업이 포함된 비금속광물업, 석유석탄업, 석유화학업종 등의 순으로 나타났다. 또 탄소세 도입에 따른 탄소중립비용으로 철강, 석유화학, 시멘트업종에 400조원 이상이 들 것으로 전망됐다.

□ 시멘트, 철강, 석유화학 등 건설재료 관련 분야가 우선 도입 예상

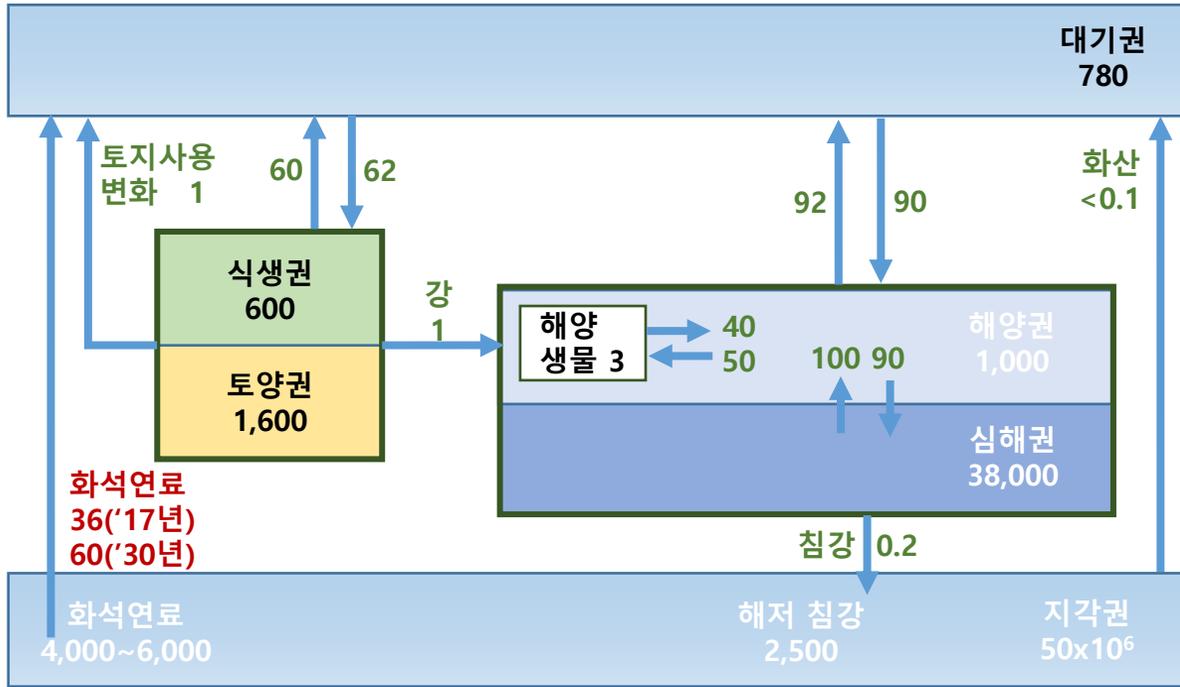
□ 주력 수출 산업에서 관세로 인한 제품 가격 상승 및 제품 경쟁력 하락

□ 추가 기술·설비 투자로 인한 생산단가 상승

□ 실제 산업 현장에 적용할 수 있는 탄소 저감 기술이 상용화 되지 못함

지구 기후변화를 줄이기 위한 국제적인 노력

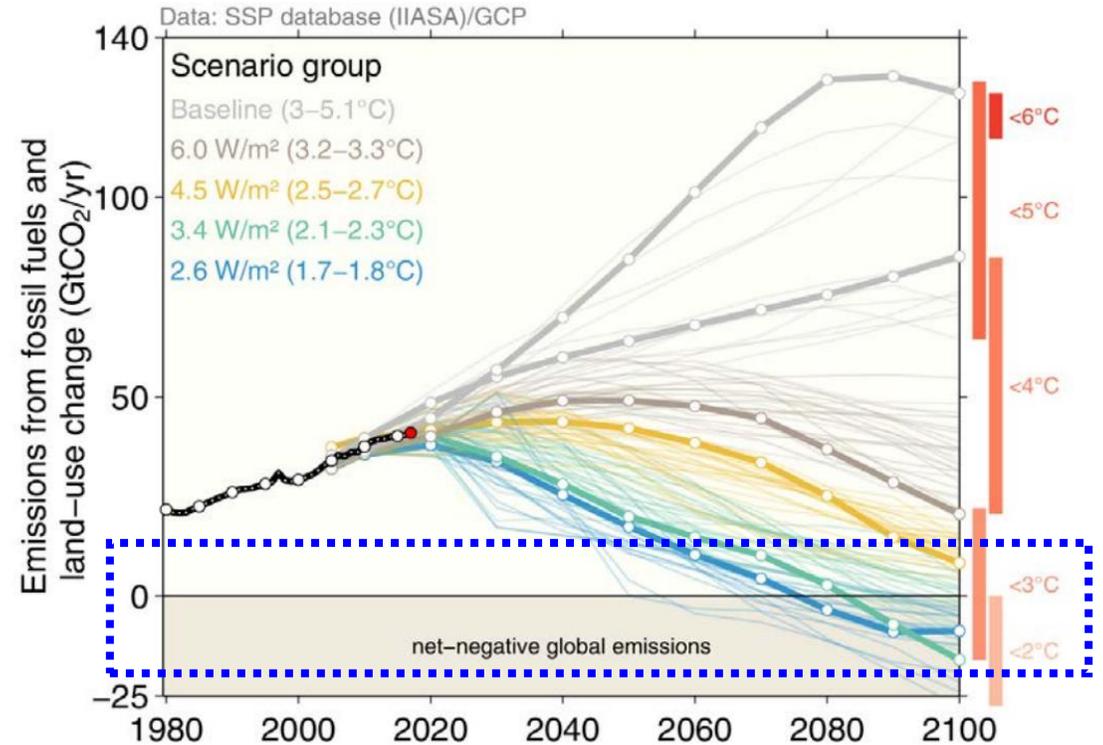
지구의 탄소 순환과 인간활동의 영향



<Carbon Capture and Storage, Stephen A Rackley, 2010, Elsevier>
 검정색: 탄소 저장량(Gt-C), 녹색: 탄소 순환량(Gt-C)

- 인간 활동을 제외하면 지구의 탄소순환은 평형상태임
 인간의 활동에 의해 **매년 400억 톤의 이산화탄소가 배출됨**

탄소배출량과 기후 영향



- 인간 활동과 기후의 변화는 매우 밀접한 관련을 가지고 있음
 탄소 중립을 실현하여야만 지구의 기후 변화를 막을 수 있음

지구 기후변화를 줄이기 위한 국제적인 노력

국제적인 탄소배출 경감 노력

구분	1.5°C	2°C
생태계 및 인간계	높은 위험	매우 높은 위험
중위도 폭염일 온도	3°C 상승	4°C 상승
고위도 한파일 온도	4.5°C 상승	6°C 상승
산호 소멸	70~90%	99% 이상
기후영향·빈곤 취약 인구	2°C에서 2050년까지 최대 수억명 증가	
물부족 인구	2°C에서 최대 50% 증가	
대규모 기상이변 위험	중간 위험	중간~높은 위험
해수면 상승	0.26~0.77m	0.3~0.93m
북극 해빙 완전소멸 빈도	100년에 한번	10년에 한번

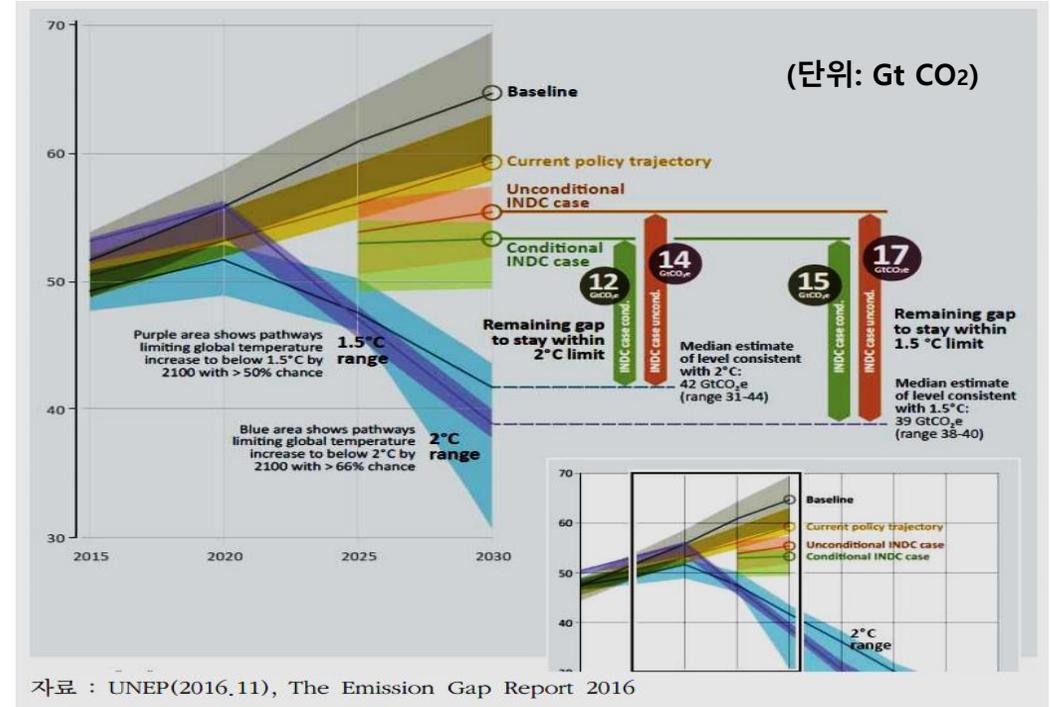
<전 지구 온도상승에 따른 지구환경 영향>

□ 국제사회는 기후변화 심각성을 인식하고 이를 막기 위해 1997년 교토의정서를 채택했지만, 감축의무 미흡 등으로 한계에 봉착

□ 2015년에 전세계가 참여하는 파리협정이 채택되었고, 2016년 11월 우리나라도 비준함

- 지구 온도상승을 2°C보다 훨씬 더 아래로 유지하고, 1.5°C로 억제하기 위해 노력해야 함
- 국가마다 자발적 감축 목표 NDC를 설정하여 이행하도록 함

각국의 NDC보다 더 강화된 노력 필요



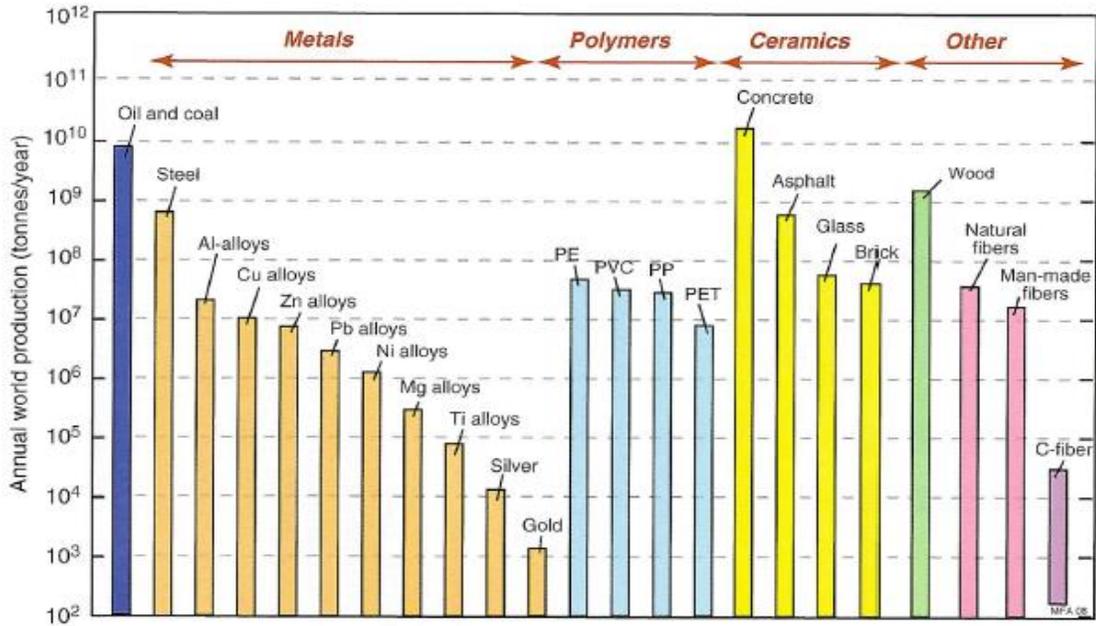
□ 2030년 지구 기온상승을 2°C 미만으로 하기 위해서는 각국의 NDC보다 120~140억 톤을 더 줄여야 함

□ 1.5°C만 상승하도록 하기 위해서는 각국의 NDC(Nationally Determined Contributions)보다 150~170억 톤을 더 줄여야 함

지구 기후변화를 줄이기 위한 국제적인 노력

전세계 재료 사용량

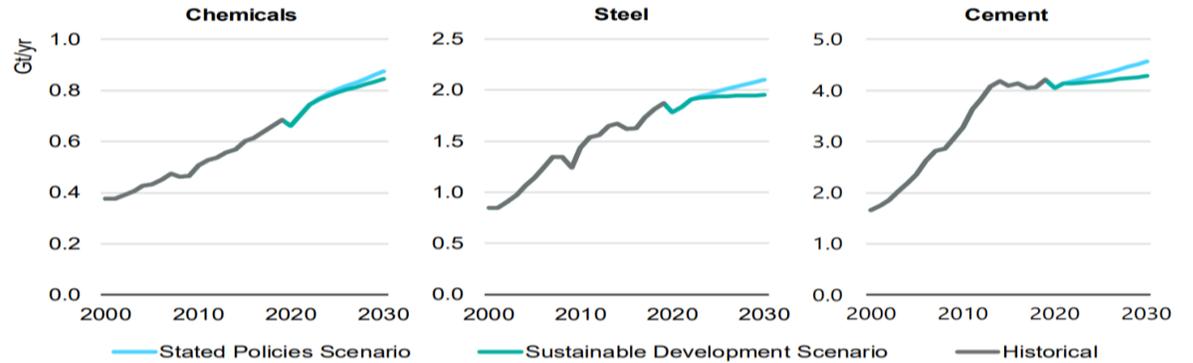
□ 콘크리트는 다른 재료보다 월등하게 많은 양을 사용하므로 지구에 미치는 환경영향이 매우 큼



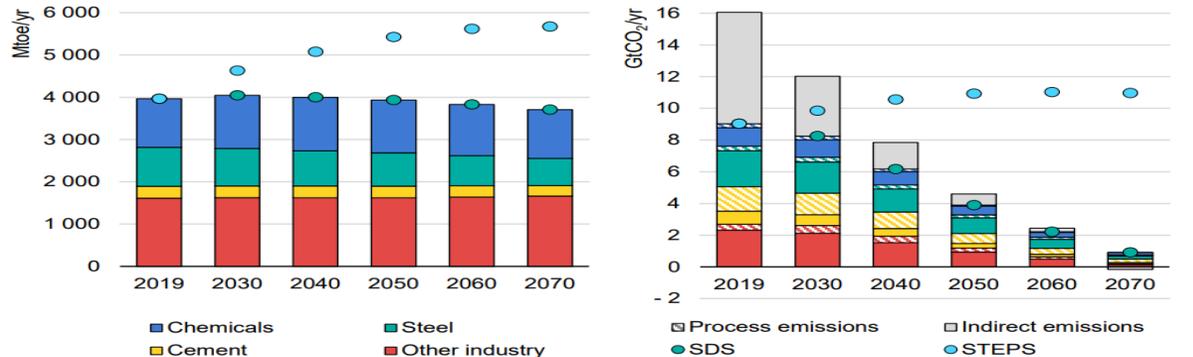
The annual world production of 23 materials on which industrialized society depends. The scale is logarithmic.

재료의 생산량과 탄소배출

□ 전세계 주요재료의 생산량은 2020년까지 급속히 증가하였으나, 2020년 이후에는 완만히 증가하도록 해야 함



□ 산업별 에너지소비량과 CO₂ 배출량을 지속적으로 감축해야 함

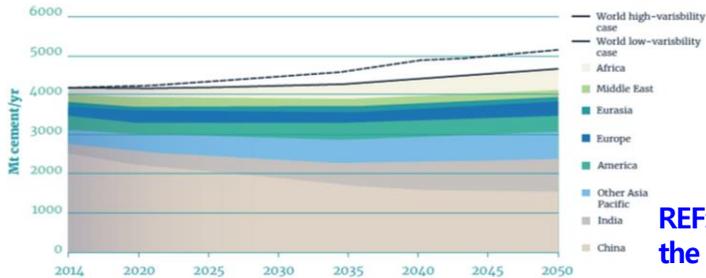


SDS: 지속가능한 지구 시나리오, STEP: 각국의 NDC에 기반한 시나리오

지구 기후변화를 줄이기 위한 국제적인 노력

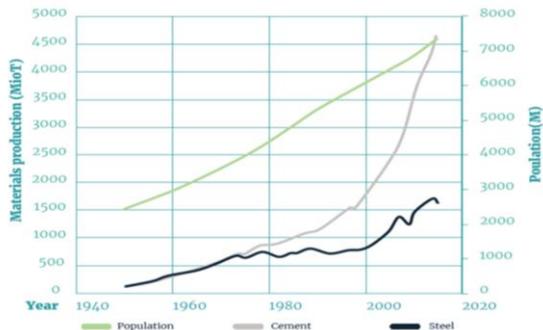
전세계 시멘트 생산량 사용량

- 2020년까지 시멘트와 철강의 전세계 생산량은 증가하였고, 특히 2000년 이후 시멘트 생산량이 급속도로 증가하고 있음
- 2050년까지의 탄소중립 추진 시기에도 시멘트-콘크리트 생산량은 지속적으로 증가할 것으로 예측됨



REF: Low Carbon Transition in the Cement Industry, 2018

<Projection of Cement Demand from the IEA-CSI Technical Roadmap>

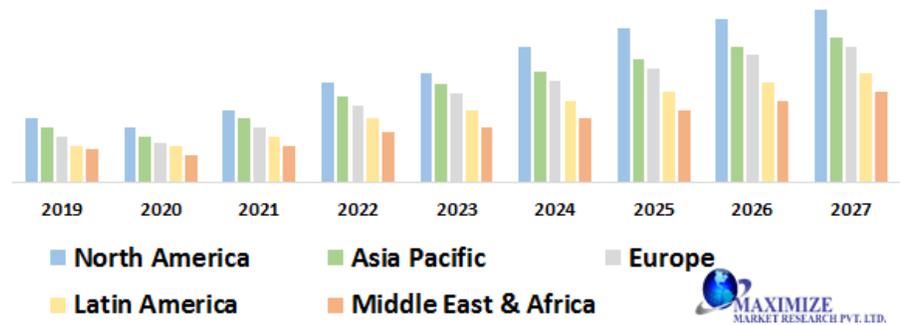


REF: K.L. Scrivener, V.M. John, E.M. Gartner, Eco-efficient cements: Potential, economically viable solutions for a low-CO₂, cement-based materials industry, United Nations Environment Program, 2016.

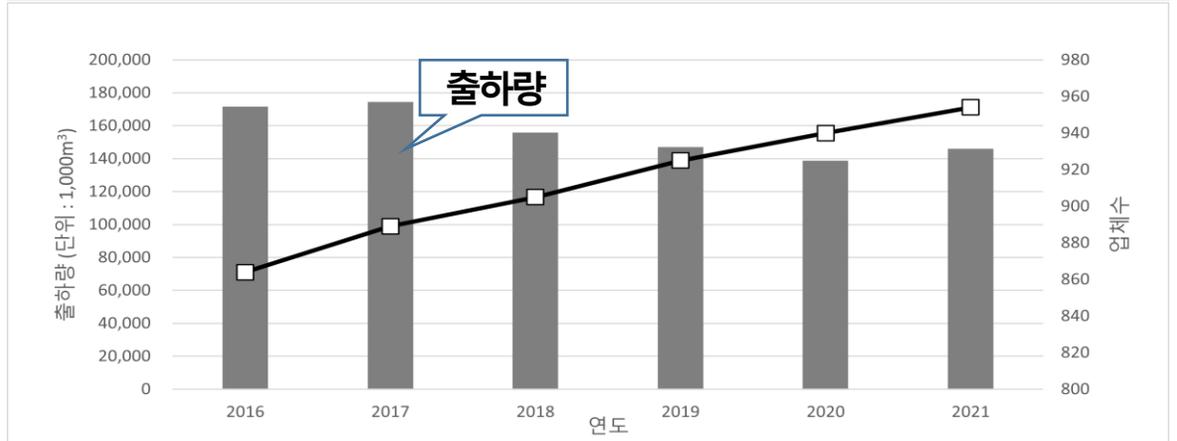
<Production of cement and crude steel with population>

세계 콘크리트 시장 예측

Global Ready-Mix Concrete Market, By Region (2020)(US\$Mn)

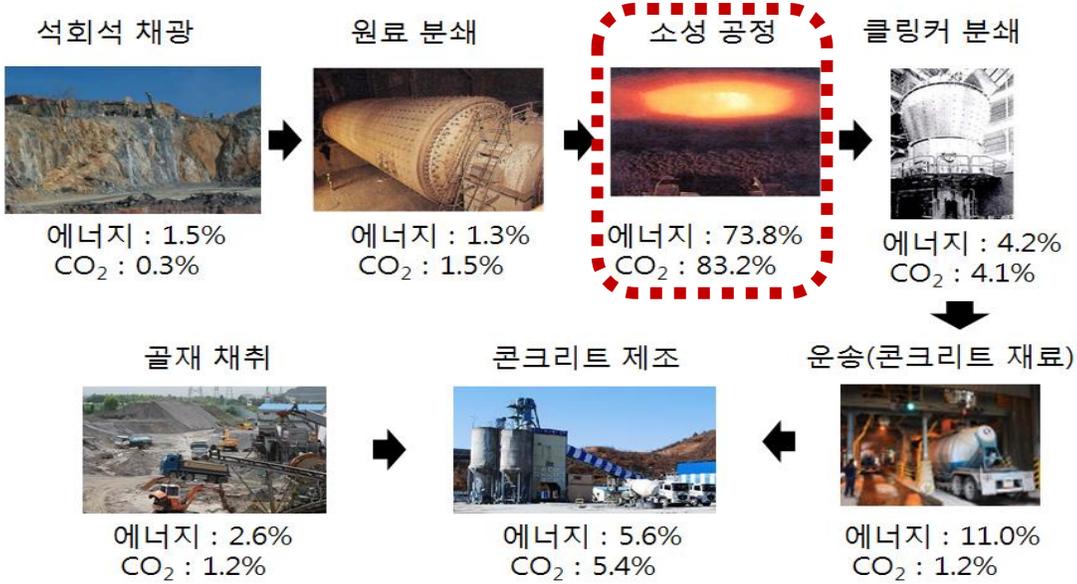


우리나라 콘크리트 사용량



콘크리트 산업의 지구 온난화에 미치는 영향

시멘트-콘크리트 산업의 탄소배출



□ 포틀랜드 시멘트 1 톤 제조 시 830 kg의 탄소배출(2019년)

- 시멘트 배출량에서 소성공정(클링커 제조 공정)이 82.3% 점유

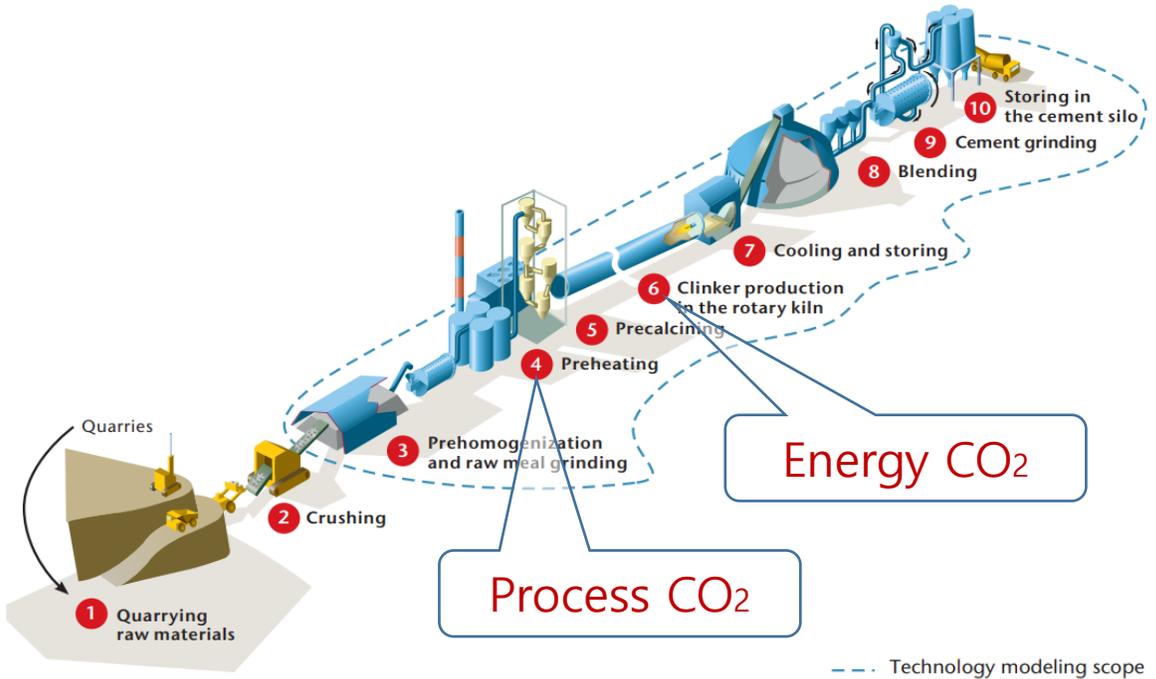
□ 2019년 기준 시멘트 탄소배출량: 39백만 톤

- 산업계 총 발생량의 11% 수준, 국내 총 발생량의 5.5% 수준

□ 콘크리트 1 톤 제조 시 190 kg의 탄소배출

- 콘크리트 탄소배출량에서 시멘트의 비중은 89.1%로 매우 높음

시멘트 산업의 탄소배출



□ 포틀랜드 시멘트 제조 공정에서의 탄소배출 비중

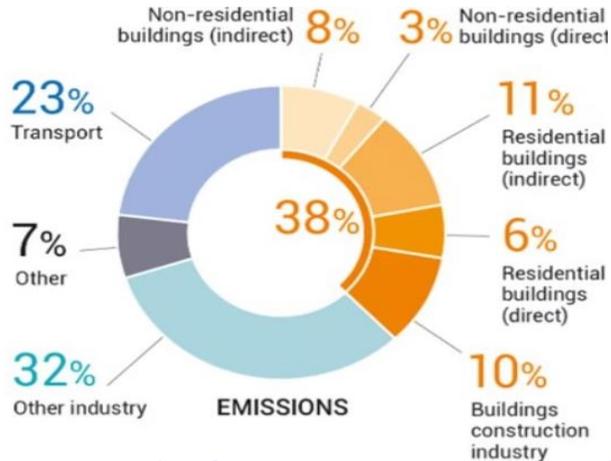
- 하소공정: 60~65%, 연료 사용: 30~35%, 기타 5%

□ 원료 및 연료의 전환이 시멘트 제조 공정으로부터의 탄소배출량을 줄이는 가장 중요한 수단임

가장 낮은 탄소 배출 재료

콘크리트 산업의 지구 온난화에 미치는 영향

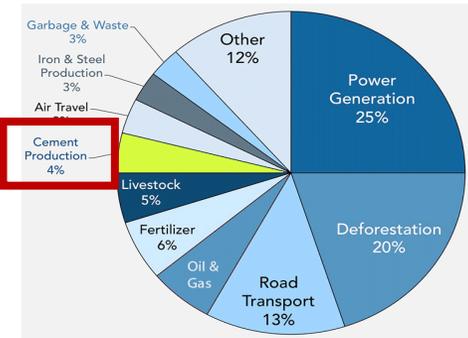
건설분야의 탄소배출



- 최종 사용자 기반의 탄소 배출량에서 건물부문은 총배출량의 38%를 점유함
- 총 탄소배출량의 10%는 건물부문에 사용되는 재료의 시공에 기인한 것임

REF: International Energy Agency, Building Outlook 2021

콘크리트의 탄소배출



- 시멘트 산업의 탄소배출은 전세계 총배출량의 4%임
- 이를 콘크리트로 환산하면 5%로 추정됨

REF: <https://www.greenspec.co.uk/building-design/environmental-impacts-of-concrete/>

지구문명을 견인하는 콘크리트의 역할

<각종 구조재료의 생산에너지 비교>

재료의 종류	생산에너지(MJ/kg)
Steels	29
Aluminum alloys	200
Polyethylene	80
Device-grade silicon	대략 2000
Cement Concrete	1.2

- 콘크리트의 생산 에너지는 철의 1/24, 알루미늄의 1/167, 폴리에틸렌의 1/67, 실리콘의 1/1667
- 콘크리트가 없다면 현대 문명을 유지하기 위하여 인류는 몇 십에서 몇 백배의 에너지를 더 사용하여야 함
- 시멘트-콘크리트는 생산에너지가 매우 낮은 탄소중립형 구조재료
- 미래에도 구조물을 만드는데 있어서 수요가 증대될 수 밖에 없는 대체 불가능한 재료임

국내외 탄소 중립 추진 현황

각국의 탄소중립 정책 비교

국내

- 2015 ● 파리협정 '新기후체제 합의'
- 2016 ● 제1차 기후변화 대응 기본계획 2030 온실가스 감축 로드맵
- 2018 ● 2030 온실가스 감축 로드맵 수정(안) 배출권 할당계획 확정
- 2019 ● 제2차 기후변화 대응 기본계획 감축목표 방식 변경
- 2020 ● 2050 탄소중립 추진전략 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상 동시 달성



글로벌



- 파리협정 복귀
- 청정에너지·저탄소 기술혁신 및 인프라 고도화: 2조 달러 지원
- 기후변화 10대 혁신기술 선정('21.2): 1억 달러 지원('21.2)



- EU 그린딜(EU Green Deal) 정책
- 1조 유로 규모 투자
- 유럽기후법 법제화로 순환경제 전환지원
- 2030년 55% 감축 위한 'Fit For 55' 일명 '탄소국경세' 발표



- 「2050년 탄소중립 녹색성장전략」수립
- 2050년 탄소중립 혁신기술 확립을 위한 5대 분야-16개 과제-39개 기술 테마 발표, 10년 간 30조엔 자금 조성



- (영국) 수소 40억, 항공선박 50백만, CCUS 10억 파운드 투자
- (프랑스) 산업 탈탄소화 12억, 녹색 수소 70억 유로 투자



국내외 탄소 중립 추진 현황

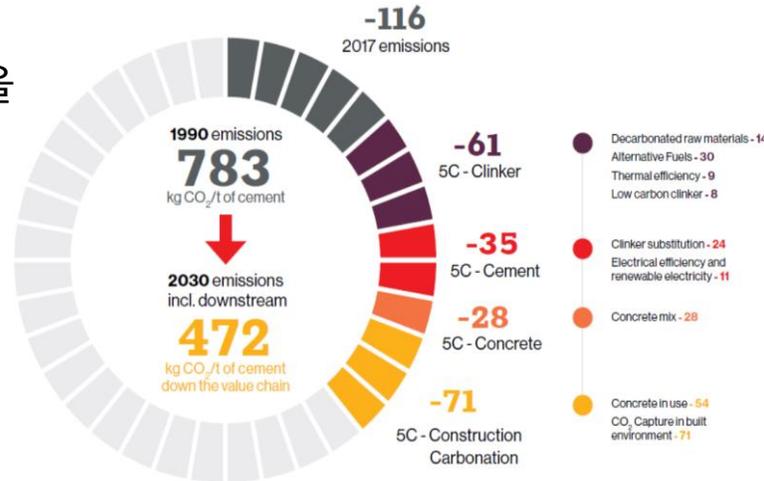
유럽 시멘트 협회(CEMBUREAU)의 탄소중립 현황 및 목표

- 현재보다 더 도시화되고, 잘 연결되고, 자동화되고, 스마트화 된 2050년의 유럽을 대상으로 한 정책 로드맵을 설정
- 시멘트 산업은 **클링커-시멘트-콘크리트-시공-탄산화**라는 5C 밸류체인(Value Chains)의 핵심
- 시멘트 산업은 순환경제(circular economy) 시작동에 있어 매우 중요한 역할 수행

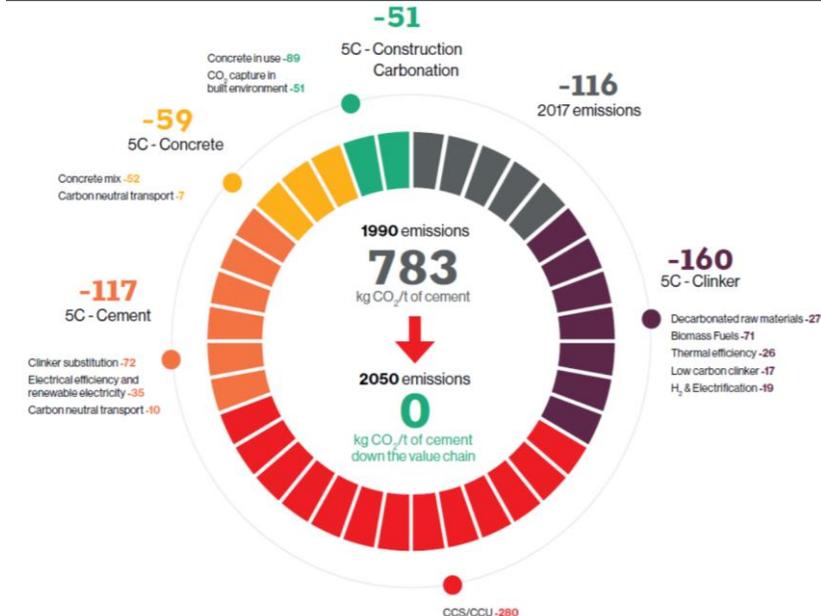
50년까지 탄소중립

- 연료의 46%를 폐기물로 대체하여 다양한 폐기물 순환의 중심
- 연료와 원료로서 많은 산업 부산물과 폐기물을 처리하는 병행공정(Co-process) 실현
- 시멘트 산업을 중심으로 건설기술이 좀 더 스마트하고 에너지 효율적이고, 재사용 및 재활용성이 우수해지도록 하는 순환경제의 집합체로서 발전시킴

CEMBUREAU 2030 roadmap
CO₂ reductions along the cement value chain (5Cs: clinker, cement, concrete, construction, re-carbonation)

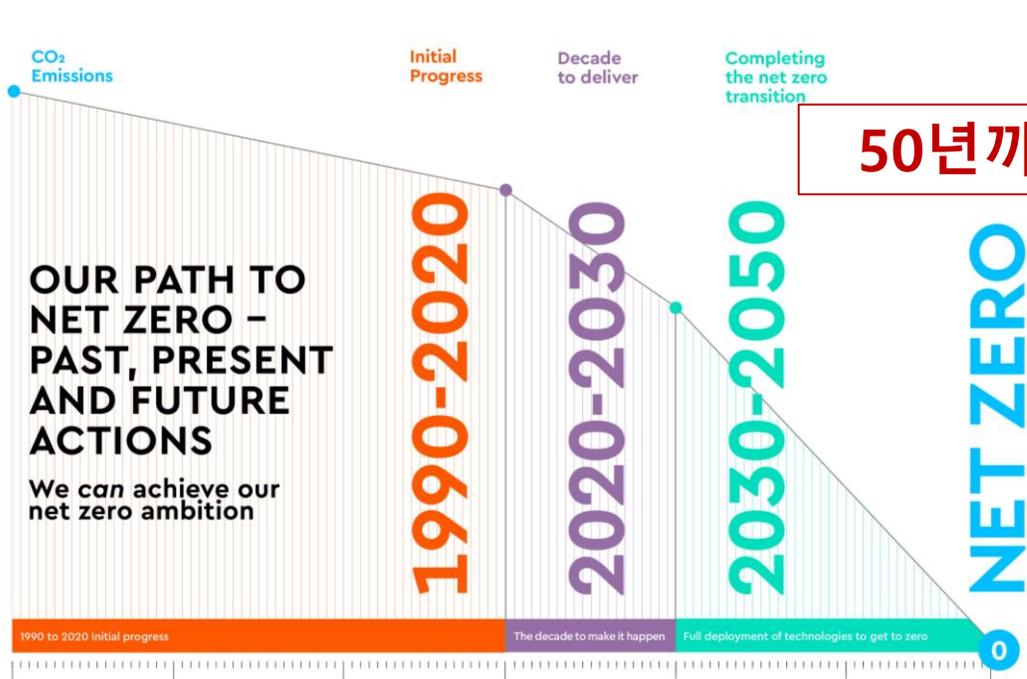


CEMBUREAU 2050 roadmap
CO₂ reductions along the cement value chain (5Cs: clinker, cement, concrete, construction, re-carbonation)



국내외 탄소 중립 추진 현황

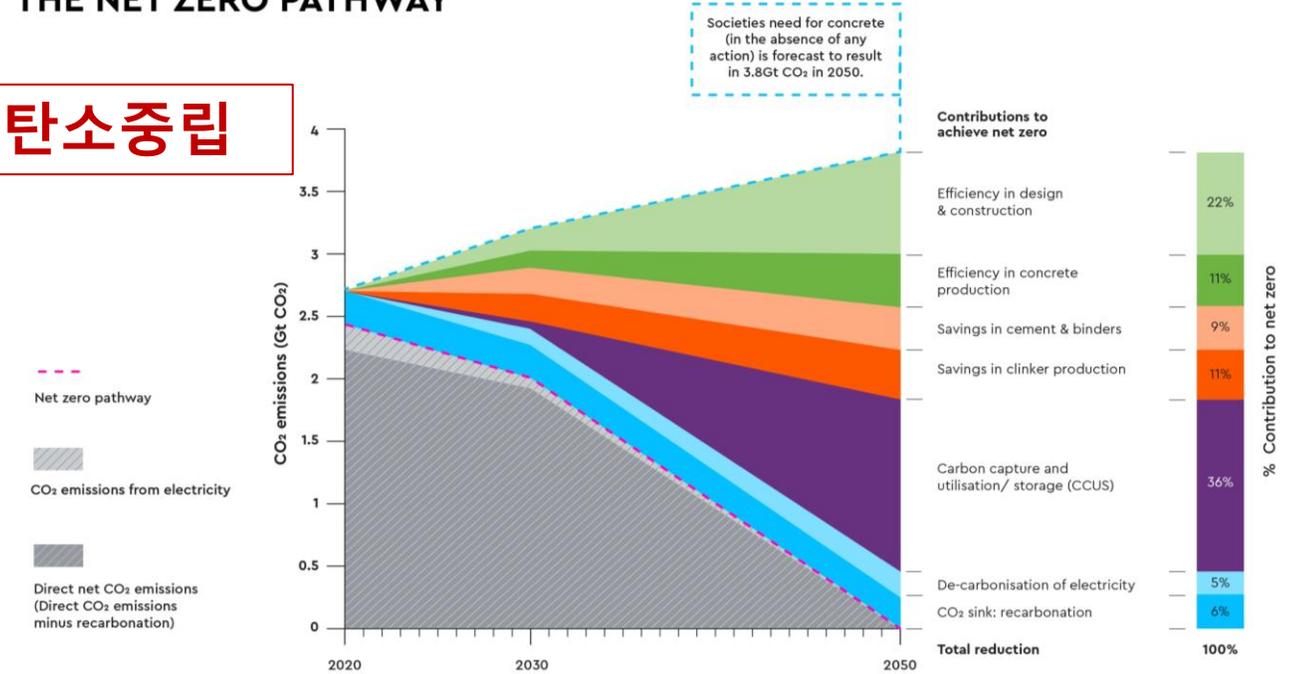
국제 콘크리트 협회(GCCA)의 탄소중립 현황 및 목표



- GCCA는 2020년까지를 콘크리트의 탄소중립을 위한 초기 활동기간으로 설정
- 이후 2030년까지 콘크리트 탄소중립 전환단계로 설정
- 이후 2050년까지 콘크리트 탄소중립 완료단계로 설정

THE NET ZERO PATHWAY

50년까지 탄소중립



□ 콘크리트의 탄소중립 기여 기술은

디자인 및 건설 효율성, 콘크리트의 생산 효율성, 시멘트 및 결합재의 절약, 클링커 생산 감축, CCUS 기술 활용, 전기의 탈탄소화, 재탄산화

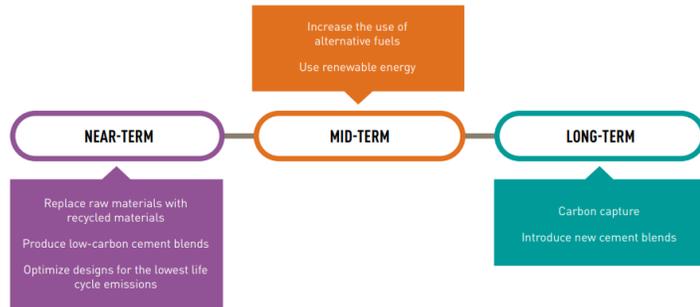
국내외 탄소 중립 추진 현황

미국 시멘트 협회(PCA)의 탄소중립 현황 및 목표

The value chain



Near- and long-term solutions



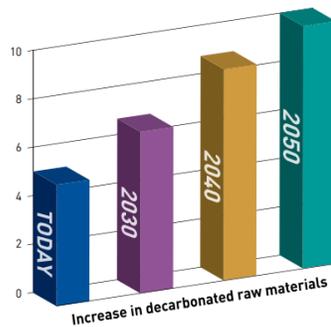
□ PCA의 탄소중립 정책은 관련 산업의 밸류체인(Value Chain)이 핵심임

□ 탄소중립을 달성하기 위한 단계별 접근방식

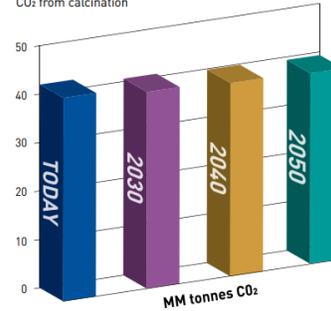
- 단기: 순환자원 활용 증대, 저탄소 시멘트 생산, 생애주기 탄소배출 최소화를 위한 최적화 설계
- 중기: 대체연료 사용, 재생에너지 사용
- 장기: CCUS, 신재료 시멘트 도입

Making cement: Addressing the chemical fact of life

HOW WE'LL GET THERE
Percent of decarbonized raw materials



THE RESULTS
CO₂ from calcination

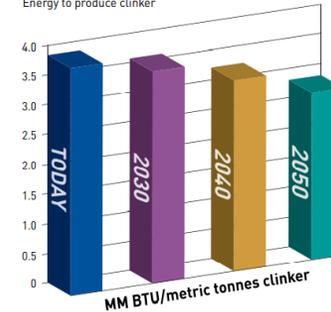


□ 시멘트 크링커 생산 시 원료를 탈탄소 재료를 사용함

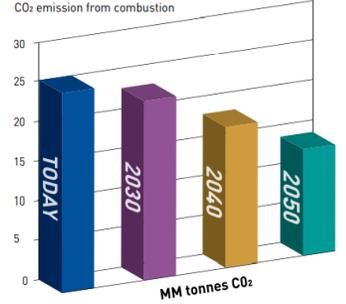
- 탈탄소 원료 사용 비율을 2050년에 10% 달성
- 탈탄소 원료 사용에 의해 하소공정 탄소배출량을 저감

Pushing the envelope on combustion efficiency

HOW WE'LL GET THERE
Energy to produce clinker



THE RESULTS
CO₂ emission from combustion



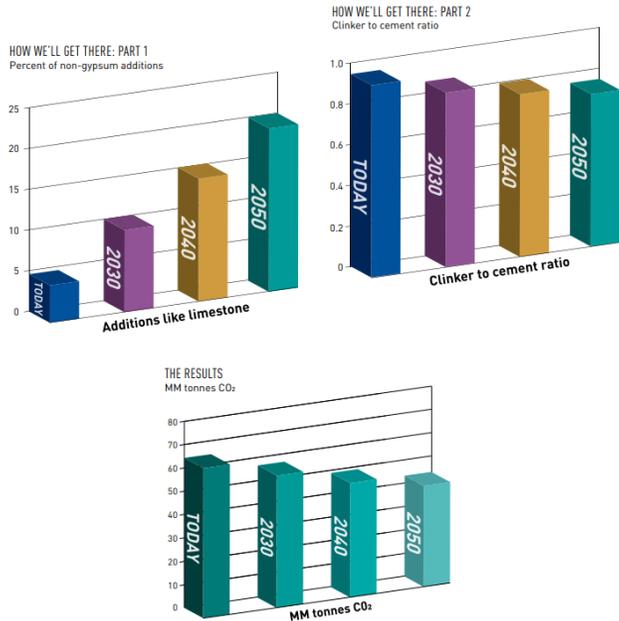
□ 크링커 생산할 때의 연료 효율을 개선

□ 크링커 연소할 때의 탄소배출량을 2050년에 현재보다 50% 절감

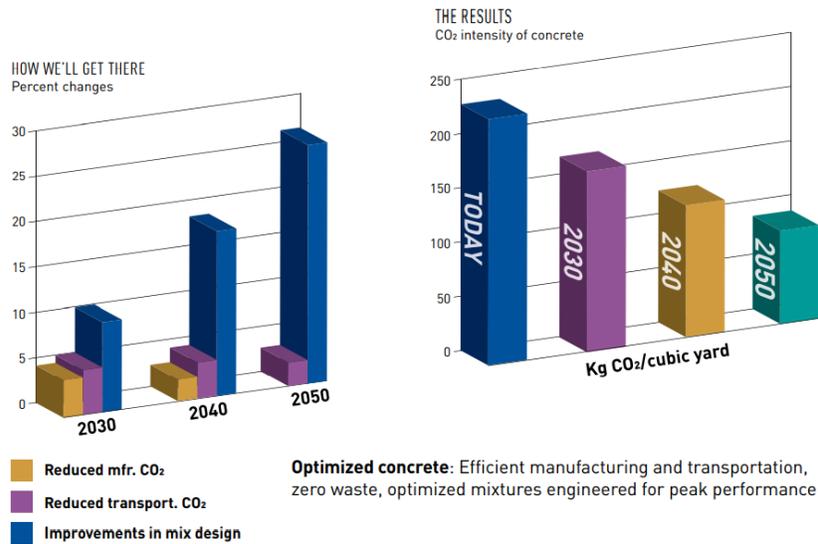
국내외 탄소 중립 추진 현황

미국 시멘트 협회(PCA)의 탄소중립 현황 및 목표

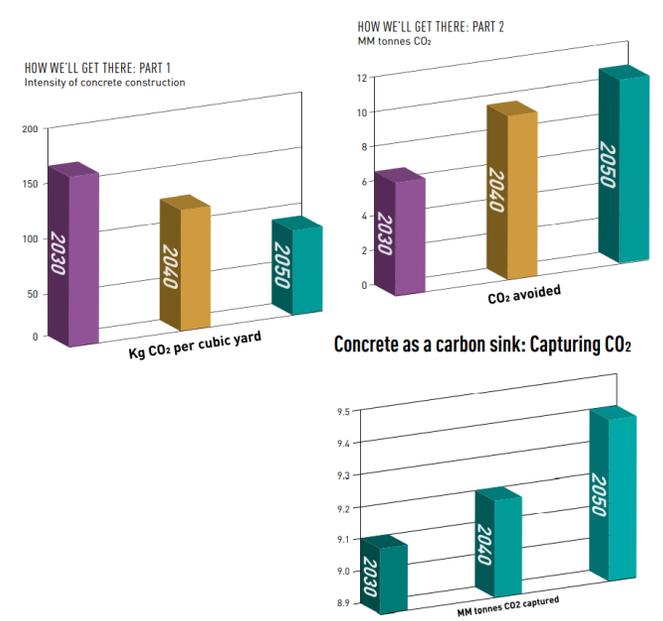
Optimizing cement: Changing the composition



Optimizing concrete: Pushing performance



Optimizing construction: Solutions for the built environment



- 시멘트의 혼합재 함량을 20%까지 증대
- 크링커 팩터를 0.75까지 낮춤
- 이를 통해 탄소배출량 2,000만 톤 경감

- 콘크리트 단계의 효율화를 통해 탄소중립 실현(제조단계의 효율 개선, 수송수단의 효율 개선, 배합설계의 개선)
- 콘크리트의 탄소배출량을 개선
 - 현재: 225 kg CO₂/cubic yard
 - 2050년: 80 kg CO₂/cubic yard

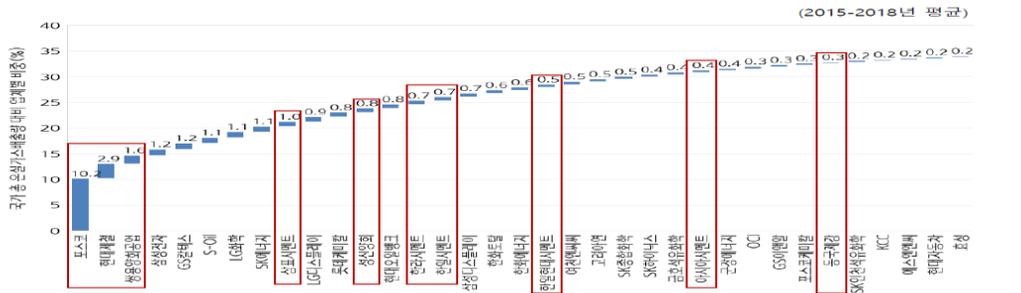
- 시공단계에서 콘크리트 탄소배출량을 2050년에 1,500만 톤 절감
- 콘크리트를 탄소의 저장고로 활용하여 2050년에 940만 톤의 탄소를 저장

국내외 탄소 중립 추진 현황

우리나라의 탄소중립 정책 현황

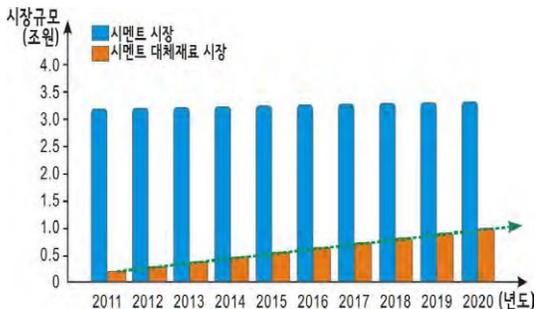
- 시멘트와 철강 산업은 온실가스 다량 배출 산업
 - 다량 배출 산업: 철강(323%) > 석유화학(172%) > 시멘트(142%)
 - 온실가스 다배출 기업: 상위 기업에 철강, 시멘트 관련 기업 다수

- 저탄소 건설재료의 활용도와 탄소저감의 증대를 위해 탄소중립 고성능 콘크리트 기술 개발도 병행 필요
 - 전 세계적으로 저탄소 시멘트, 탄소저감 콘크리트 기술은 초기단계



REF: 이성호, 한국 2050 넷제로 과제, 한-EU 세미나, 에너지 전환 포럼

□ 저탄소 콘크리트 시장은 크게 성장 전망



REF: 발명진흥회



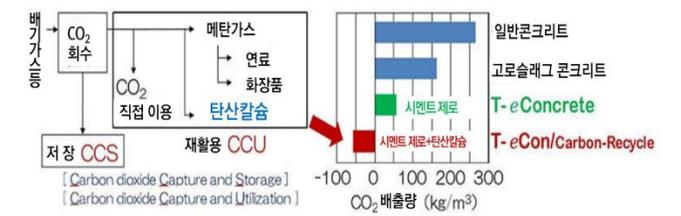
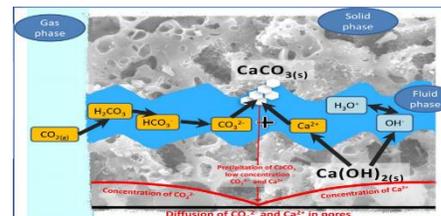
REF: 대한민국2050 탄소중립 전략, 2020



사 진	대량량 적용 수량	국토성 발주공사 적용 수량	요구 성능
경계 블록	75개	40개	압축강도 24MPa
벤스기초 블록	40개	-	압축강도 18MPa
포장용 블록	약 5,500개	-	휨강도 5MPa (차도용)

□ 탄소중립 콘크리트의 고성능화, 경제성 향상 기술 확보 필요

- 탄산화 촉진 철근부식 문제로 블록 등 2차 제품 위주로 활용 → **고성능화**
- 탄소포집 콘크리트의 제조 가격이 고가로 실용화에 장애 요소 → **저비용**



- 탄소중립 콘크리트의 규격, 구조설계기준 등 기준 부재 → **기준 정립**

국내외 탄소 중립 추진 현황

우리나라의 2050 탄소중립 목표와 콘크리트 분야의 목표

2050 탄소중립시나리오 총괄표

구분	부문	'18년 배출량	A안				B안				
			배출량	감축량	감축율	감축 기여율	배출량	감축량	감축율	감축 기여율	
			백 만 톤 CO ₂ e	%	%	%	백만톤CO ₂ e	%	%	%	
배출	전환	269.6	269.6	100.0	39.3	20.7	248.9	92.3	36.3		
	산업	260.5	51.1	209.4	80.4	30.5	51.1	209.4	80.4	30.5	
	건물	52.1	6.2	45.9	88.1	6.7	6.2	45.9	88.1	6.7	
	수송	98.1	2.8	95.3	97.1	13.9	9.2	88.9	90.6	13.0	
	농축수산	24.7	15.4	9.3	37.7	1.4	15.4	9.3	37.7	1.4	
	폐기물	17.1	4.4	12.7	74.3	1.9	4.4	12.7	74.3	1.9	
	수소	0	-	0.0	현행유지	-	9	-9.0	증가	-	1.3
	탈루	5.6	0.5	5.1	91.1	0.7	1.3	4.3	76.8	0.6	
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	- 25.3	-16.0		- 2.3	-25.3	-16.0		- 2.3	
	CCUS	0	- 55.1	55.1		8.0	-84.6	84.6		12.3	
	직접공기포집	0	-	0.0		-	-7.4	7.4		1.1	
합계		686.3	-	686.3	100.0	100.0	0	686.3	100.0	100.0	

콘크리트 산업 탄소 감축률 목표

목표 감축률: 80%

- 우리나라의 2050 탄소중립 시나리오는 A안과 B안으로 결정됨
- 산업부문 감축률은 80.4%임
- 시멘트 부문에서의 감축률은 53%임
- 콘크리트는 산업부문에 포함되므로 콘크리트 분야에서도 동등 수준으로 감축하여야 할 것임

콘크리트의 탄소배출량 80% 감축을 위한 항목별 정량적 목표

콘크리트 탄소배출량 80% 감축

- 크링커의 탄소배출(tCO₂/tdinker) 목표
 - 현행 0.84톤에서 2050년 0.7톤 이하
- 시멘트의 탄소배출 계수(tCO₂/tcement) 목표
 - 현행 0.81톤에서 2050년 0.65톤 이하
- 콘크리트 크링커 계수(kgclinker/m³/MPa) 목표
 - 현행 10 kg에서 2050년 8.0 kg 이하 달성
- 구조물의 탄소배출 계수(kgCO₂/m²) building 목표
 - 2050년 500 kg 이하 달성
- 콘크리트 산업 생산성 30% 향상
- 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

53% 감축

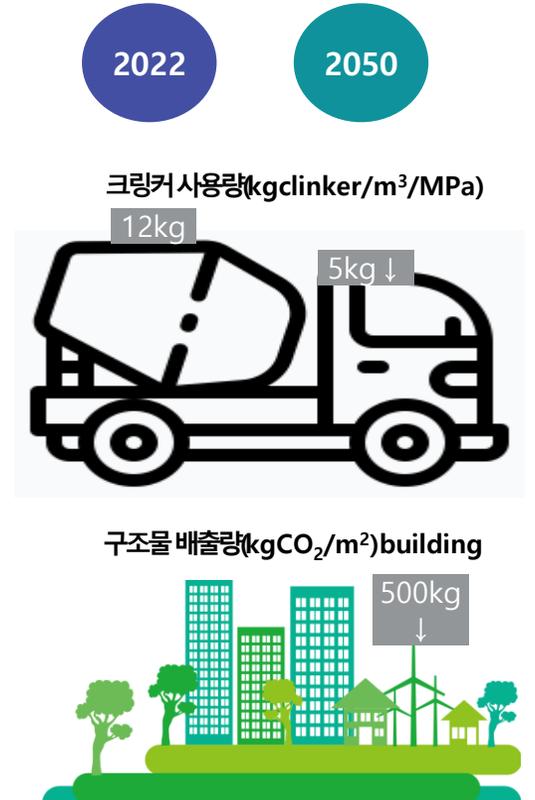
20% 감축

50% 감축

크링커(tCO₂/tdinker)와 시멘트(tCO₂/tcement)의 탄소배출



콘크리트 분야 탄소배출



콘크리트산업의 모든 분야에서 감축노력이 필수적임

2050 탄소중립 실현을 위한 콘크리트 분야 탄소배출량 80% 감축

현황 및 사회적 니즈

❖ 지구 기후변화를 줄이기 위한 국제적 노력

- 지구의 탄소순환에 미치는 인간활동의 영향
- 국제적인 탄소배출 경감 노력
- 재료 사용량과 탄소배출

❖ 콘크리트 산업의 지구 온난화에 미치는 영향

- 시멘트-콘크리트 산업의 탄소배출
- 시멘트-콘크리트 사용량과 기후영향
- 지구문명을 견인하는 콘크리트의 역할

❖ 국내외 탄소중립 추진 현황

- 국제적인 탄소중립 정책
- 유럽 및 미국의 시멘트-콘크리트 탄소중립 정책
- 우리나라의 탄소중립 정책 현황

세부 목표

❖ 2050 탄소배출량 80% 감축 위한 세부 목표

◆ 시멘트 분야

- 크링커 탄소배출($tCO_2/tclinker$): 0.84톤 → 0.7톤
- 시멘트 탄소배출($tCO_2/tcement$): 0.81톤 → 0.65톤

◆ 콘크리트 분야

- 콘크리트 크링커 계수($kgclink/m^3/MPa$): 10 kg → 8 kg

◆ 구조물 분야

- 구조물 탄소배출 계수($kgCO_2/m^2$)_{buid}: 500 kg 이하

◆ 기타 분야

- 생산성 30% 향상, 재료 사용량 20% 감축

❖ 탄소배출량 80% 감축을 위한 중점 추진 내용

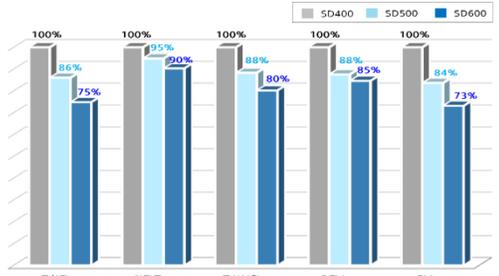
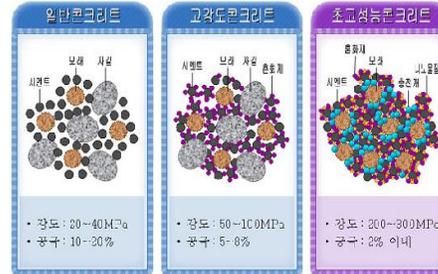
- 탄소중립을 위한 기술 개발 로드맵 개발
- 시멘트 단계의 탄소배출량 경감 기술 개발
- 콘크리트 단계의 탄소배출량 경감 기술 개발
- 구조물 단계의 탄소배출량 경감 기술 개발
- 탄소중립 건설 기술표준 및 정책 제·개정

지구 기후변화를 줄이기 위한 국제적 노력

세부목표 1	세부목표 2	세부목표 3	세부목표 4	세부목표 5
<p>탄소중립을 위한 기술 개발 로드맵 개발</p>	<p>시멘트 단계의 탄소 배출 경감 기술 개발</p>	<p>콘크리트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발</p>	<p>구조물 단계의 탄소 배출 경감 기술 개발</p>	<p>탄소중립 건설 기술 표준 및 정책 제·개정</p>
<ul style="list-style-type: none"> 시멘트 분야의 기술 및 정책 로드맵 콘크리트 분야의 기술 및 정책 로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> 킬른 효율 개선(건설) CCUS 대체 연료 사용 크링커 원료 대체 대체 결합재 개발 혼합시멘트 사용 확대 (SCM) 	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트 배합 개선 노출수준에 맞춘 최적화 설계 사용량 최적화 구조요소의 재사용 구조 최적화 CCUS 	<ul style="list-style-type: none"> 고강도 콘크리트 사용 고강도 철근의 사용 고성능 철근 대체재 사용 (FRP 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 기술표준 개발 및 인증체계 구축 KS 표준 제개정 콘크리트 시방서 개정 그린 건설 기준 개정

대한민국2050 탄소중립 전략, 2020. 산업부문 감축목표 80%

2050 탄소중립 실현을 위한 콘크리트 분야 탄소배출량 80% 감축

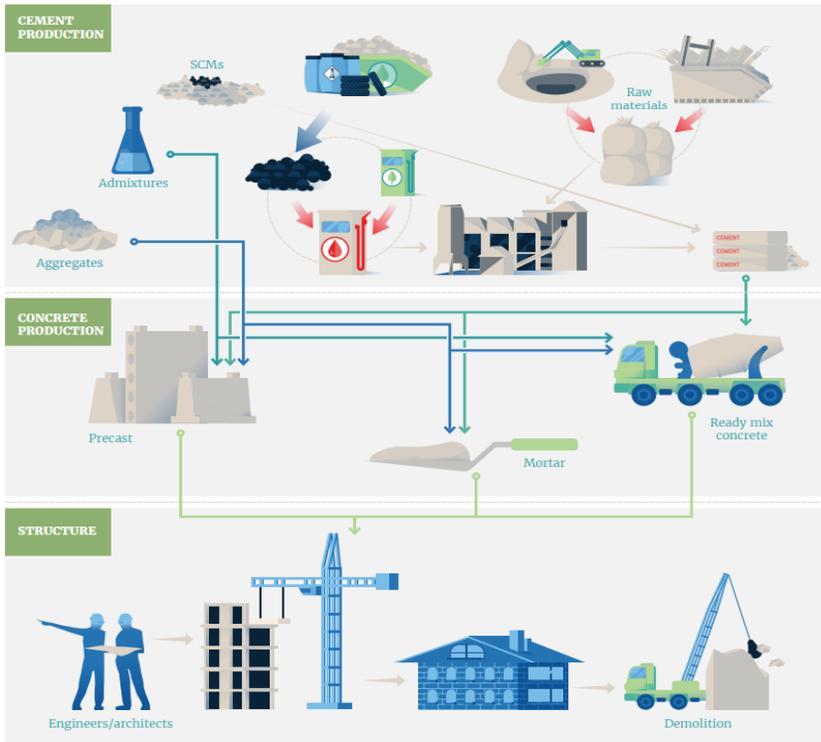


<고강도 철근 활용한 탄소배출량 저감>

세부목표 1) 탄소 중립을 위한 기술 개발 로드맵 개발

시멘트 분야의 기술 및 정책 로드맵

(단기-중기) 시멘트-콘크리트 밸류체인 활성화



- ❖ 시멘트 - 콘크리트 산업은 긴밀히 연결됨
- ❖ 콘크리트 탄소중립은 연관 산업과의 협력을 통해 달성 가능

(단기-중기-장기) 시멘트 탄소중립 기술 개발 로드맵(예)



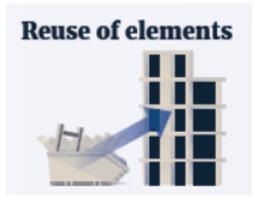
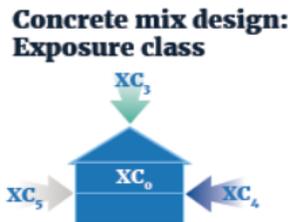
- ❖ 시멘트 탄소중립 기술 개발과 연계하여 콘크리트의 탄소 중립 기술을 개발하여야 함

세부목표 1) 탄소 중립을 위한 기술 개발 로드맵 개발

콘크리트 분야의 기술 및 정책 로드맵

콘크리트의 탄소중립 기술

- ❖ 최밀입도 구현을 위한 배합설계
- ❖ 내구성 노출 등급을 고려한 구조설계
- ❖ 구조 최적화를 통한 재료 사용량 경감
- ❖ 해체 구조물로부터 추출한 구조 요소의 재사용
- ❖ 고강도 콘크리트의 사용 기술 개발
- ❖ 고강도 철근의 사용 기술 개발
- ❖ 고강도 철근 대체재 사용 기술 개발
- ❖ 탄소중립 건설을 위한 표준 및 정책 개발



- Research, Development & Innovation
- Regulations, Permitting & Guidance
- Financial Incentives & Support
- Performance-Based Material Standards
- Market-Based Carbon Pricing
- Market Acceptance
- Community Acceptance
- Cradle to Cradle Life Cycle-Based Procurement
- Low-Carbon Infrastructure
- Level Playing Field

(단기-중기-장기) 콘크리트 탄소중립 기술 개발 로드맵(예)



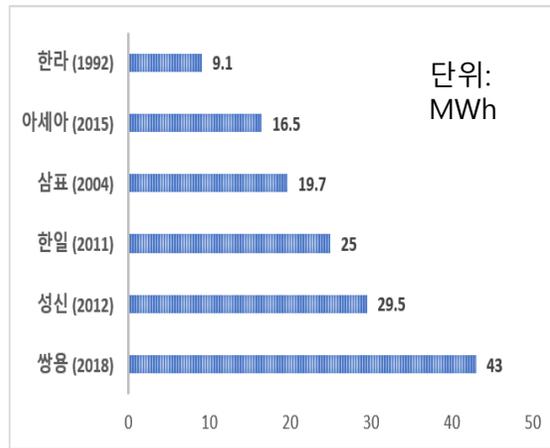
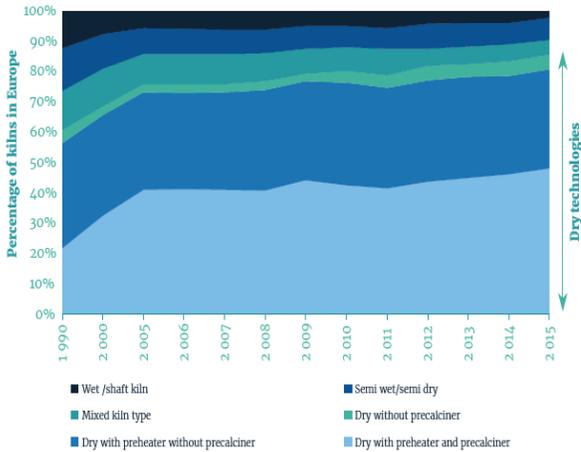
<Technologies at the concrete level> <2050 Carbon Neutrality Policy levers>

세부목표 2) 시멘트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발

(단기-중기) 시멘트 킬른의 최적화



- ❖ 시멘트 킬른의 효율 개선을 통한 에너지 사용량 경감 필요
- ❖ 전세계적으로 시멘트 제조공정은 프리히터와 하소기를 장착한 건식 공정으로 변화되고 있음
- ❖ 국내는 이미 최신공정이 일반화 되어 있으므로 폐열회수의 고도화가 필요함



<전세계 시멘트 주공정기술의 변화>

<국내 시멘트 업계 폐열발전 규모>

(단기-중기) 에너지효율을 위한 대체연료사용

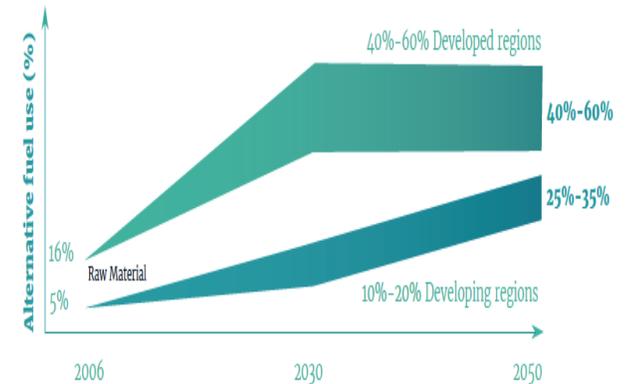
Alternative fuels



- ❖ 대체연료의 사용은 탄소배출량 경감에 크게 기여함
- ❖ 전세계적으로 대체연료의 사용비율은 급속히 증가할 것으로 예상됨
- ❖ 대체연료 전환에 관련된 이슈
 - 상대적인 낮은 열량
 - 폐기물 활용과 관련된 법률
 - 제한 성분의 존재(염화물, 인산염 등)



<대체연료 사용 효과>



<전세계의 대체연료 전환 계획>

세부목표 2) 시멘트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발

(단기-중기-장기) 클링커의 원료 전환

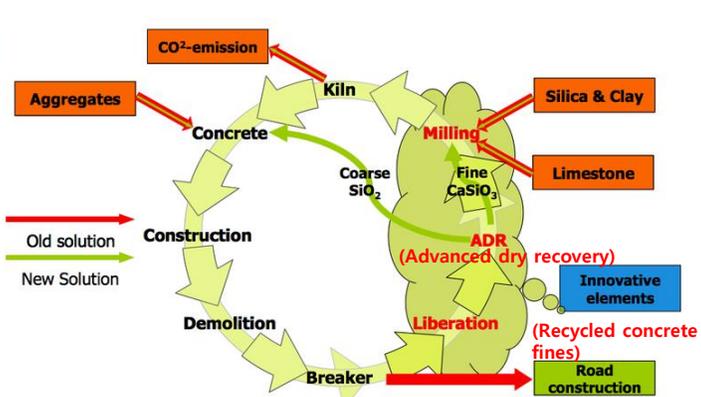


- ❖ 클링커 원료인 석회석을 대체하기 위한 탈탄산염 원료 기술 개발이 필요함
- ❖ 클링커 공정에 화석연료 기반 CO₂ 배출이 적은 대체 원료를 사용하는 방향으로의 전환이 필요하며 후보 물질로 콘크리트 해체 시 발생하는 폐콘크리트 미분말에 대한 연구가 활발히 진행중임

(단기-중기-장기) 새로운 결합재



- ❖ 다양한 대체제를 사용함으로써 탄소 배출량을 대체 결합재 1톤당 2030년까지 평균 520kg, 2050년까지 295kg까지 줄어 들 것으로 예측됨
- Belitic clinkers
- Calcium sulfo aluminate cements
- Alkali activated binders
- Carbonatable calcium silicate cements
- Supersulfated slag cements
- Magnesium cements, etc.



<클링커 제조의 순환 프로세스>



<폐콘크리트 미분말 활용 CO₂ 저감>

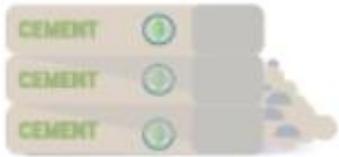
KILN TECHNOLOGIES	MARKET PENETRATION		POTENTIAL VALUE TO REDUCE EMISSIONS COMPARED TO PORTLAND CLINKER
	2030	2050	
Calcium sulfo aluminates	5%	10%	20%
Carbonatable calcium silicate clinker	5%	10%	70%
Alkali activated binders	1%	2%	50%
Magnesium silicate clinkers	0%	0%	100%
Hydrothermal calcium silicate clinkers	1%	3%	15%

<새로운 결합재의 기대 효과>

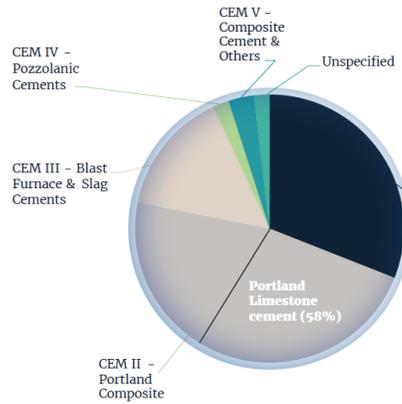
세부목표 2) 시멘트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발

(단기-중기) 시멘트 대체재의 사용

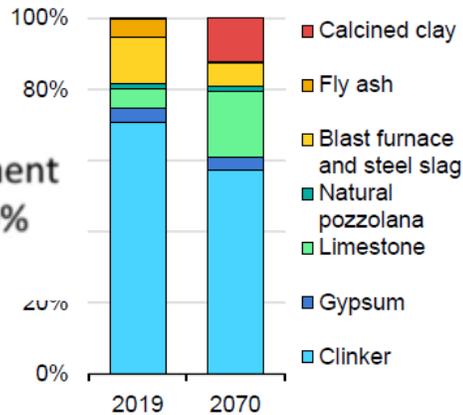
Supplementary cementitious materials



- ❖ 시멘트 대체재(SCM)의 사용량을 높여 크링커 사용을 줄여야 함
- ❖ 혼합시멘트의 사용확대가 가장 중요한 방향임
- ❖ 미래의 시멘트의 주조성물은 크링커와 석회석 미분말, 소성점토일 것으로 예측
- ❖ 국내 시멘트 대체재 활용 방향은 포틀랜드 시멘트에서의 혼합재 함량의 증대와 혼합 시멘트 확대임



CEMCAP cement plant with 90% CO₂ capture



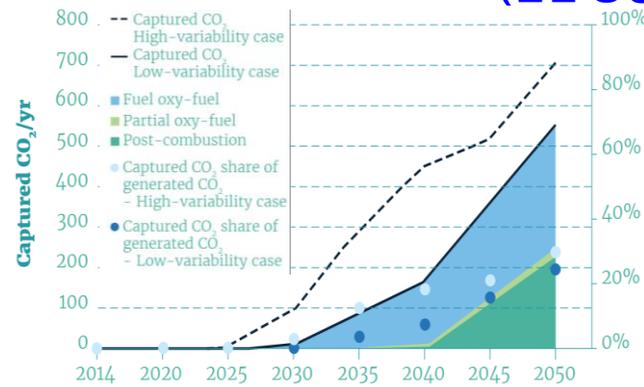
<시멘트 조성물의 변화>

(중기-장기) 탄소 포집 및 저장 기술

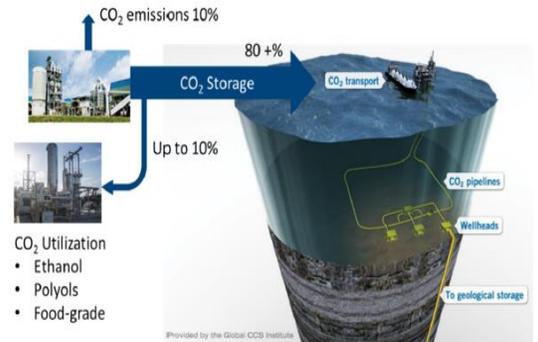
Carbon capture and storage



- ❖ CCUS(Carbon capture, utilization and storage) 기술은 시멘트 산업의 CO₂ 배출을 줄이기 위한 중요한 기술임
- ❖ 하지만, 대규모로 확대 시 해결해야 할 기술적, 사회적 문제가 존재함
- ❖ 특히, CCS의 구현은 신규 시멘트 공장의 투자 비용의 2배 이상의 막대한 양의 투자 비용이 요구됨
(연간 용량 100만 톤에 대해 약 150 Mio €)



<CO₂ 포집의 세계적 배치>



<CEMCAP with 90% CO₂ capture>

<유럽에서 판매되는 시멘트의 종류>

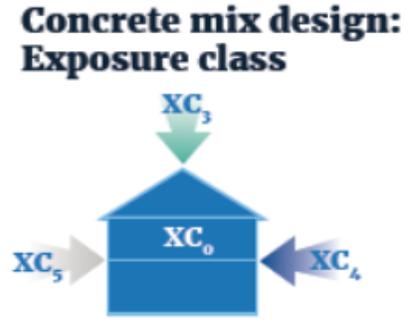
세부목표 3) 콘크리트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발

(단기-중기-장기) 콘크리트의 배합설계

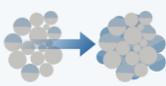


- ❖ 콘크리트의 배합의 최적화는 골재의 연속적인 분산을 통해 입자간 공극을 감소시켜 단위시멘트량을 줄이는 동시에 CO₂의 배출을 경감함
- ❖ 골재의 최밀입도 구현은 콘크리트에서 단위시멘트량의 10%를 절감시키는 것이 가능함
- ❖ 한편, 우수한 품질의 골재를 항시 공급하는 것에 어려움이 존재하여 배합을 최적화하는데 있어 한계점이 존재함

(단기-중기-장기) 내구성 노출 등급을 고려한 구조설계



- ❖ 콘크리트의 노출 등급은 시멘트의 최소량을 결정하는 중요한 지표임
- ❖ 현재 건물의 각 요소에 단일 종류의 콘크리트를 사용하도록 하기 위해 가장 엄격한 노출 등급을 적용하고 있으며, 이는 단위시멘트량 증가로 이어짐
- ❖ 따라서 내부, 외부 등 각 구조 요소별 조건에 맞는 콘크리트의 노출 등급을 적용할 경우 단위용적당 20 kg의 시멘트량을 감소시킬 수 있는 효과가 있음

TECHNOLOGIES	RELEVANT STAKEHOLDERS	BARRIERS	POLICY SUGGESTIONS
<p>Concrete mix design: Packing</p> 	<p>Concrete producers</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Scarcity of aggregates ● Need space to have different grades on site 	<ul style="list-style-type: none"> Require quarries located close to urban areas to provide more than one granular class
<p>Overestimation of concrete</p> 	<p>Concrete producers</p> 	<p>Perceived risk of loss of robustness</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Enforce respect of standard (e.g., tax on additional cement) ● Increase demand for low carbon concrete by incentivising construction companies (e.g., lower VAT)

<Policy suggestions at the concrete level>

TECHNOLOGIES	RELEVANT STAKEHOLDERS	BARRIERS	POLICY SUGGESTIONS
<p>Concrete mix design: Exposure class</p> 	<p>Engineering office</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● More time for design ● Need tracking on site ● Engineering offices need to assume risk 	<p>Include as a criterion for awarding contracts</p>

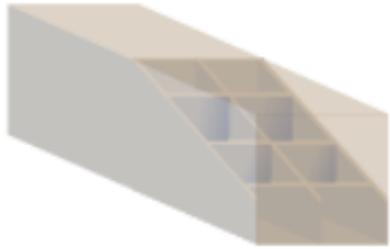
Data from national annexes of EN 206-1.

2015	2050
8 kg _{cement} /m ³ /MPa	4 kg _{cement} /m ³ /MPa

세부목표 3) 콘크리트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발

(단기-중기) 콘크리트 사용량 최적화

Optimisation of structure



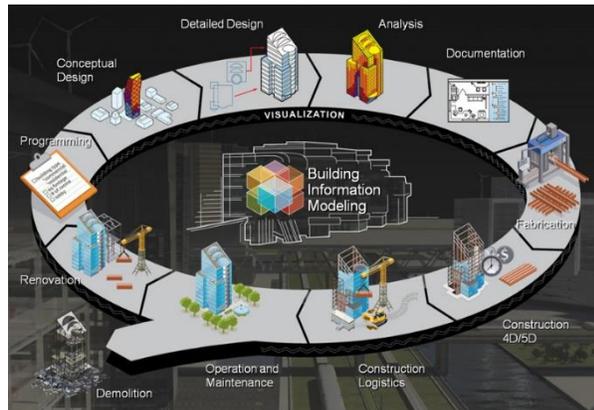
- ❖ 구조물에서 CO₂ 배출을 줄이는 전략은 필요한 콘크리트 양을 최적화 하는 것을 의미함
- ❖ 콘크리트의 양은 약 20% 정도 과대 평가되며, 일부는 폐기물로서 발생함
- ❖ 콘크리트의 CO₂ 배출은 구조 요소에 있는 모든 재료를 고려하여야 하므로 정량화가 어렵지만, 점진적인 디지털화(BIM, Integrated Project Delivery)를 통해 최적화 시스템을 구축해야 함

(중기-장기) 재료의 재사용 및 재활용

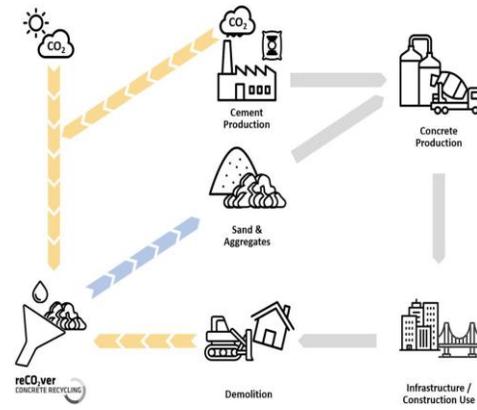
Reuse of elements



- ❖ 건축물에서 구조요소의 재사용 및 재활용의 활성화는 유연성 있는 건물을 설계할 수 있음
- ❖ 이는 큰 잠재력을 나타내며, 정량화하기 어렵지만 오늘날 설계 변경 없이 10~20%의 CO₂ 감소가 가능함을 보여줌
- ❖ 구조 요소의 재사용을 위해 구조물 해체에 대한 탄소배출권 장려, 매립지 규제 등의 정책 수단이 필요



<Building Information Modeling>



<Concrete Recycling>

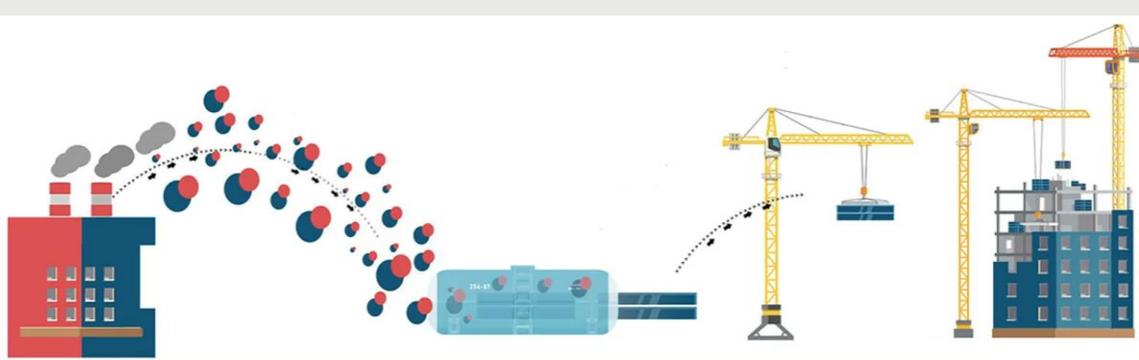


<Cases of reusing certain elements of structures>

세부목표 3) 콘크리트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발

(단기-중기-장기) 콘크리트의 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage) 기술 개발

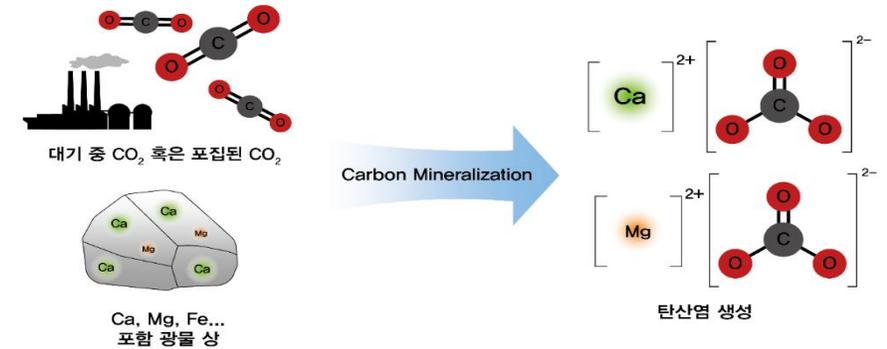
Carbon Upcycling



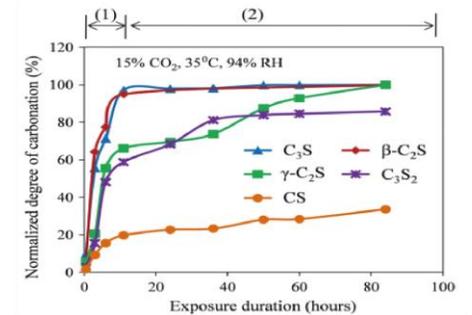
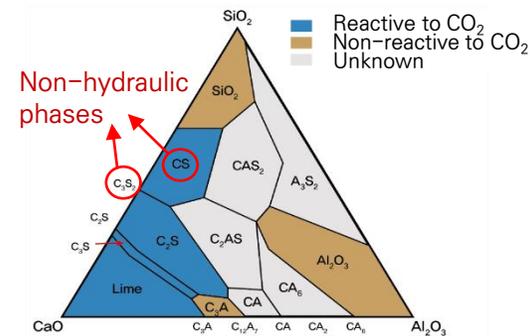
Carbon Upcycling UCLA takes carbon dioxide directly from a coal plant's exhaust stream and transforms it into concrete building blocks. ILLUSTRATION: UCLA/CO2CONCRETE

- ❖ 광물탄산화 반응을 통하여 만들어진 탄산염 광물을 구조물에 적극적으로 활용하기 위한 업사이클링 기술 개발이 필요
- ❖ 이산화탄소를 소비하면서 경화하는 효과가 극대화 된 기술을 개발하고 실구조물에 적용하여야 함

Carbon Mineralization



이산화탄소 반영 경화형 시멘트를 통한 탄소 고정



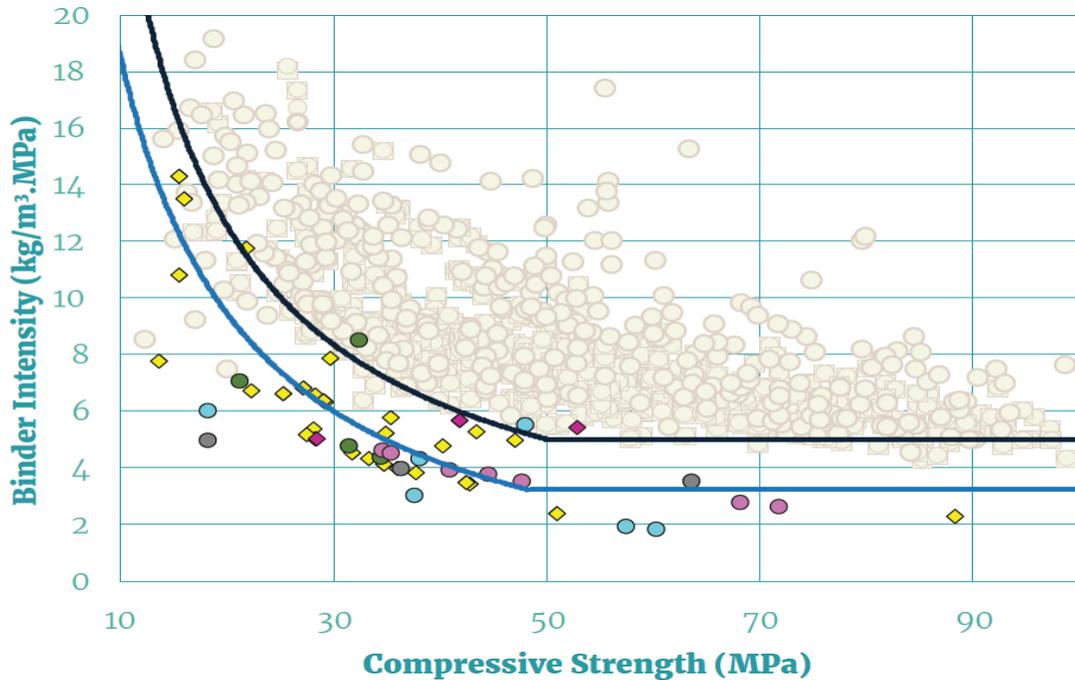
Non-hydraulic CS, C₃S₂, γ-C₂S & Slow hydraulic β-C₂S presents improved reactivity on CO₂

세부목표 4) 구조물 단계에서의 탄소배출 경감 기술

(단기-중기) 고강도 콘크리트 사용에 의한 탄소배출 경감

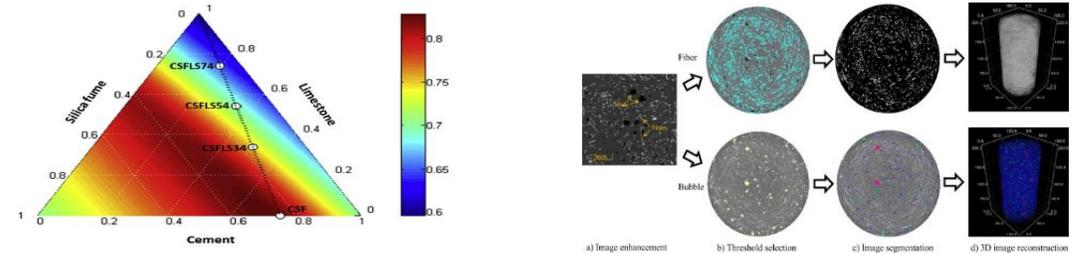
낮은 결합재량의 환경 효율적 콘크리트

- ❖ 콘크리트의 강도 증가는 단위강도당 결합재의 사용량을 저감 시킴
- ❖ 고강도 설계를 도입하여 현재 24~27 MPa를 장기적으로 40 MPa로 상향하여야 함

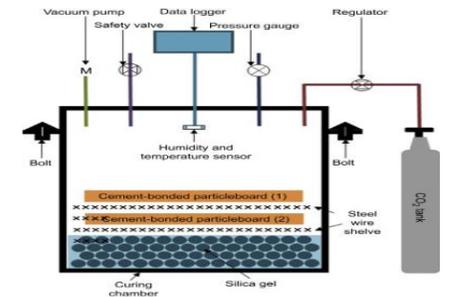
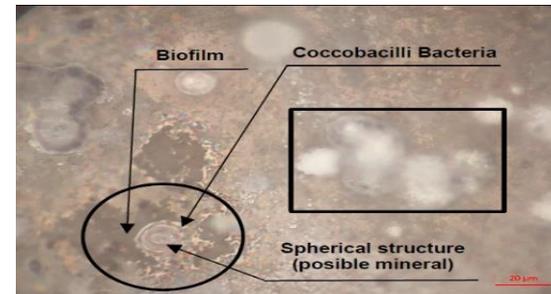


저탄소 고성능 콘크리트의 사용

- ❖ 저탄소 고성능 콘크리트의 배합(산업부산물/탄소포집물 사용) 및 성능향상 기술



- ❖ 탄소 포집·저장 고성능 콘크리트 배합 및 성능 향상 기술



세부목표 4) 구조물 단계에서의 탄소배출 경감 기술

(단기-중기) 고강도 철근 사용에 의한 탄소배출 경감

항복강도 700MPa급 고강도 철근 실용화

❖ 콘크리트 구조설계기준 내 SD700급 고강도철근 등재 필요

	국내	미국	유럽	일본
재료규격	SD700/ SD700S	A615 Gr.100 A706 Gr.100	B500	SD490
설계기준	600 MPa	690 MPa	600 MPa	1,275 MPa

❖ 미국 ACI-318 내 Gr100(690 MPa) 등재 완료

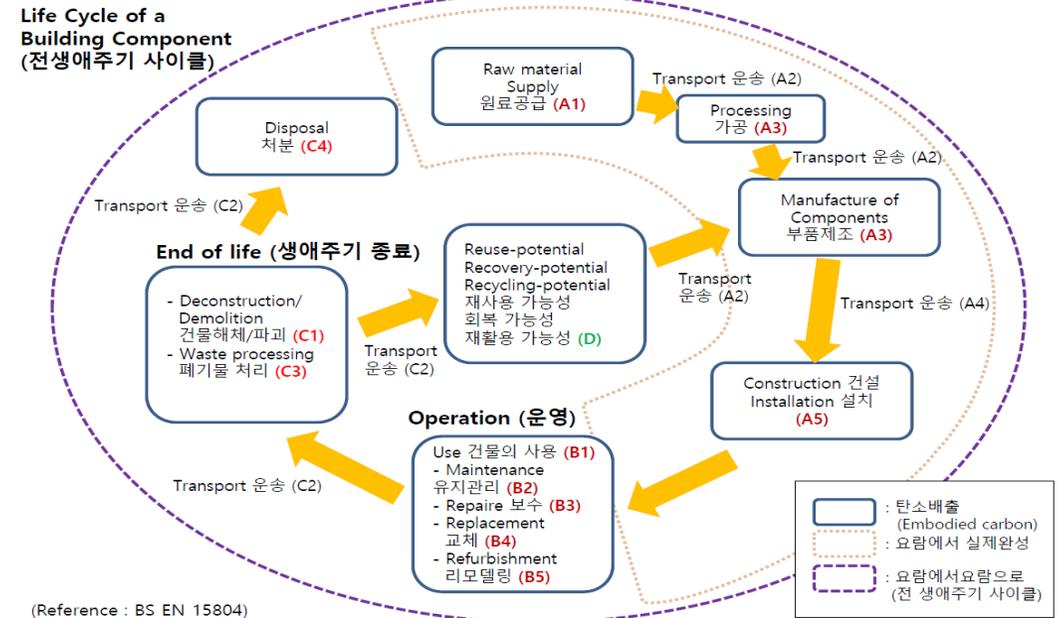
❖ 일본 NEW-RC 규격을 책정, 철근의 항복점 강도는 685 N/mm² 이상으로 규정

강종	SD685	SD785	SD980	SD1275
적용가능 부위	기둥,보의 주근	전단보강근	기둥, 보의 주근	전단보강근

물량절감을 통한 탄소배출량 저감

고강도 철근 설계기술 적용을 통한 탄소배출량 저감

❖ LCC를 고려한 탄소배출량 평가기준 정립 및 요소기술 개발



LCC를 고려한 구조시스템 개발 및 평가

세부목표 4) 구조물 단계에서의 탄소배출 경감 기술

(단기-중기-장기) 고성능 철근 대체재 사용에 의한 탄소배출 경감 기술

❖ 비부식성 고성능 철근 대체재



수밀성 에폭시 분체도료를 철근의 표면에 정전 분체도장방식으로 도포하여 약 0.13 mm~0.30 mm로 코팅한 철근



표면연마된 철근의 염산세척후 수용성 플럭스(NH₄Cl + ZnCl₂)를 통해 450±10°C에서 도금한 철근



철(74%), 크롬(18%), 니켈(8%)을 용융하여 철근 형태로 가공하여 생산



용융된 폴리머에 다양한 종류의 섬유를 혼합하여 압출한 봉의 표면에 돌기를 형성하여 생산

❖ 철근 대체재의 역학적 특성(부착 등)

설계모델 제시



❖ 철근 대체재 적용 구조물 거동 특성

평가

❖ 구조거동 및 구조상세 설계기준 제시

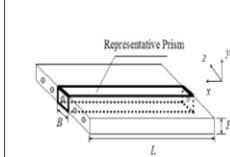


Figure 5. Drawing. Schematic details of representative reinforced concrete prism.

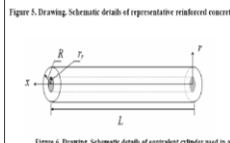


Figure 6. Drawing. Schematic details of equivalent cylinder used in analyses.

Figure 13. Equation. $\epsilon_{c,f}$

$$\epsilon_{c,f}(\theta) = \frac{-f}{35 + f} (\epsilon_{c,t})_{at}$$

Figure 14. Equation. $\epsilon_{c,r}$

$$\epsilon_{c,r} = \Delta T \alpha_c$$

Figure 15. Equation. $\epsilon_{c,p}$

$$\epsilon_{c,p} = \frac{P}{A E_c}$$

Figure 16. Equation. $\epsilon_{c,t}$

$$\epsilon_{c,t} = \Delta T \alpha_c + \frac{P}{A E_c}$$

Figure 17. Equation. $(\sigma_{c,t})_{sup}$

$$(\sigma_{c,t})_{sup} = \rho E_c \frac{f}{35 + f} (\epsilon_{c,t})_{at} \left[1 - \frac{\cosh \beta \left(\frac{L}{2} - x \right)}{\cosh \beta \frac{L}{2}} \right]$$

Figure 18. Equation. $(\sigma_{c,t})_{sup}$

$$(\sigma_{c,t})_{sup} = -\rho E_c \Delta T \alpha_c - \alpha_c \left[1 - \frac{\cosh \beta \left(\frac{L}{2} - x \right)}{\cosh \beta \frac{L}{2}} \right]$$

Figure 20. Equation. $E_c(t)$

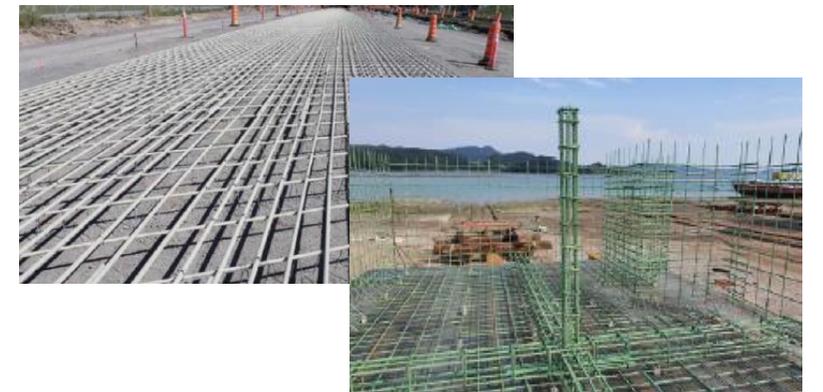
$$E_c(t) = E_{c,28} [0.5 + 0.15 \ln(t)] \quad \text{for } t \leq 28$$

Table 1. Model parameters and material properties used in analytical approximation.

Parameter and Property	Value
Width, B (mm (inches))	15.24 (0.6)
Height, H (mm (inches))	25.40 (1.0)
Length, L (mm (inches))	152.40 (6)
Ultimate concrete shrinkage strain, $(\epsilon_{sh})_{ult}$	800.00
Young's modulus of concrete at 28 d, $E_{c,28}$ (GPa ($\times 10^3$ ksi))	33.39 (4.83) ^a and 34.48 (5.02) ^b
Poisson's ratio of concrete, ν_c	0.20
Young's modulus of steel rebar (GPa ($\times 10^3$ ksi))	200.00 (29.0)
Longitudinal Young's modulus of FRP rebar (GPa ($\times 10^3$ ksi))	40.00 (5.8)
CTE of concrete, α_c ($\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$)	10.24 (5.7) ^a and 14.42 (8.02) ^b
CTE of steel rebar, α_s ($\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$)	11.80 (6.6)
CTE of FRP rebar, α_{FRP} ($\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$)	6.16 (3.2)

^aConsists coarse aggregate
^bSiliceous (or vit) gravel coarse aggregate used
^cTemperature dependent value with 10^3 ksi = 6.8948 kPa = 0.0001 GPa

❖ 최적 시공기술 및 시공지침 제시



세부목표 5) 탄소중립 건설을 위한 기술표준 및 정책

(단기) 탄소중립 기술표준 개발 및 인증체계 구축

- ❖ 탄소중립 이행을 위한 국제표준 도입 및 개발 기술의 표준화
- ❖ 기업의 탄소중립 이행을 위해 既 개발된 국제표준을 先 도입하여 보급하고, 세계시장 선점을 위해 우리 기술의 국제표준화 추진(100종)

번호	구분	국제표준화 세부 분야
1	에너지공급	재생에너지(태양광, 풍력), 계통연계(ESS, 전력망), 신전원(수소, 바이오)
2	핵심산업	제조(철강, 시멘트, 석유화학), 수송(전기수소차, 선박, UAM), 건물(단열재, BEMS)
3	순환경제	재제조, 물질재활용, CCUS

- ❖ 탄소중립 기술에 대한 실증인증체계 구축
- ❖ 탄소중립 기술별 KS 인증체계 정비 및 신규 인증품목 발굴

분야	세분야	표준명	비고
에너지	태양광	❖ [준비] 실리콘 태양광 모듈(KS C 8561)	KS 인증 정비(양면형 모듈 추가)
		❖ [준비] 소형 인버터(KS C 8564), 중대형 인버터(KS C 8565)	KS 인증 정비(스마트 인버터 추가)
		❖ [준비] BIPV 성능평가 요구사항(KS C 8577)	KS 인증 정비(인증모델 확대)
	풍력	❖ [준비] 해상용 중대형 풍력터빈 설계(KS C 8573)	KS 인증 정비(부유식 풍력터빈 추가)
	열생산	❖ [신규] 신재생 연계 히트펌프, 대형 히트펌프 온수기	KS 신규 인증
	수소	❖ [신규] 가정·건물용 연료전지(PEMFC, 10~30kW) 등	KS 신규 인증
	바이오	❖ [준비] 바이오디젤(KS M 2965)	KS 정비(원료물질 추가) 및 신규 인증
기타	❖ [준비] 터빈유(KS M 2120), 냉동기유(KS M 2128) 등	KS 인증 정비(바이오매스 원료물질 추가)	
산업	전기수소차	❖ [신규] 전기차 충전소(디스펜서, 압축기), 연료전지(드론 등)	KS 신규 인증
	단열재	❖ [준비] 발포 폴리스티렌 단열재(KS M 3808) 등	KS 인증 정비(친환경 발포제 적용)
	조명	❖ [신규] 스마트 조명, ❖ [준비] LED 등기구(KS C 7653) 등	KS 인증 정비(LED 광효율 개선)
순환 경제	재제조	❖ [신규] 전력기자재(태양광 패널), 전기차 배터리 등	재제조 신규 인증
	GR	❖ [신규] 철스크랩(건축 구조용 압연 형강) 등	GR 신규 인증

(단기) 시멘트 분야 KS 표준 제·개정

- ❖ 포틀랜드 시멘트: 혼합재량 기준, 초기강도(1일, 3일, 7일), 표준강도(28일), 포틀랜드 시멘트의 종류
- ❖ 혼합시멘트
 - 석회석 미분말 시멘트 제정
 - 3성분계 혼합시멘트 제정
- ❖ 시멘트 대체재(SCM)
 - 콘크리트용 석회석 미분말 규정 제정
 - 2종 이상의 SCM을 사용한 혼합SCM 규정 제정
 - SCM의 대체재(ASCM)의 평가기준
 - 다양한 부산자원의 ASCM으로의 활용

(단기-중기-장기) 콘크리트 분야 각종 기준 제·개정

- ❖ 시방서 개정: 혼합시멘트 활성화 등 탄소중립 시방서화, 건축 요소별로 구분된 내구성 설계 등
- ❖ 구조기준 개정: 고강도 설계, 친환경 설계 등
- ❖ KS 표준 개정: 레미콘 제조 및 품질관리 관련 표준
- ❖ 법률 개정: 콘크리트의 탄소배출을 경감시키는 것과 관련된 각종 법률

세부목표 5) 탄소중립 건설을 위한 기술표준 및 정책

(단기-중기-장기) 그린건설기준 개발 및 추진

건설분야 탄소중립 달성을 위한 그린건설기준 개발



- ◆ **그린기술 현장 적용 활성화를 위한 건설환경 조성**
- ◆ **그린기술의 기준화를 통한 탄소저감 환경 조성**
- ◆ **건설분야 탄소배출량 산정기술 및 그린건설기술 개발**

REF: 국가건설기준센터, 건설기준발전전략설명회, 2021.11

추진 단계	추진 방향	주요 내용
기준 개정	건설기준 내 그린 저해 요소 개정	친환경 콘크리트 공사 적용 확대 저탄소콘크리트 적용 확대 저탄소 신기술·재료 적용 확대 전전화 건물 적용 확대 등
기준 개발	실용화 단계 그린기술의 건설기준화	시멘트 대체재 기준 개선 콘크리트 염화물 기준 개선 철근 대체재 설계기준 검토 저탄소 신기술·재료 적용 기준 개발 탄소배출 저감 건축기준 개발
기술 개발	탄소중립 달성을 위한 그린건설 기술 개발	건설분야 탄소배출량 산정기술 개발 고강도 저탄소 콘크리트 기술 개발 건물 탄소배출 저감 기술 개발

4.5 추진전략

탄소배출량 80% 경감을 위한 기술 개발 전략			
	2030	2040	2050
탄소중립을 위한 기술 로드맵 개발	시멘트 및 콘크리트 분야 기술 개발 로드맵 탄소배출경감 목표 20%	시멘트 및 콘크리트 분야 기술 개발 로드맵 탄소배출경감 목표 60%	시멘트 및 콘크리트 분야 기술 개발 로드맵 탄소배출경감 목표 80%
시멘트의 탄소배출 경감 기술 개발	킬른 효율 개선 대체 연료 및 원재료 사용 기술 개발 혼합시멘트 사용, CCUS 기술 개발	킬른 효율 개선 확대 대체 연료 및 원재료 대체 확대 혼합시멘트 확대 및 CCUS 기술 적용	
콘크리트의 탄소배출 경감 기술 개발	콘크리트 배합기술 개선 노출수준에 맞는 최적화 설계 사용최적화	구조요소의 재사용 콘크리트 CCUS 기술개발 적용	
구조설계의 탄소배출 경감 기술 개발	고강도 콘크리트 사용 기술 개발 고강도 철근 사용 기술 개발 구조 최적화 기술	콘크리트 및 철근의 강도 수준 향상 철근 대체재 사용 장수명설계 기술	고강도 콘크리트 및 철근의 최적화설계 고성능 철근 대체재 사용 확대 구조 재사용 기술 개발
탄소중립 건설 기술 표준 및 정책 제·개정	시멘트 및 콘크리트의 탄소중립 기술 표준 개발 KS 표준 제·개정	성능기반 콘크리트 사양서 개정 성능기반 그린 건설 기준 개정	탄소중립 건설 표준 및 기준 선진화

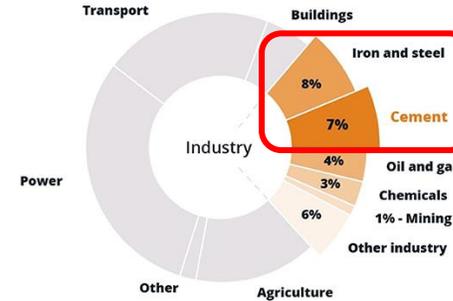
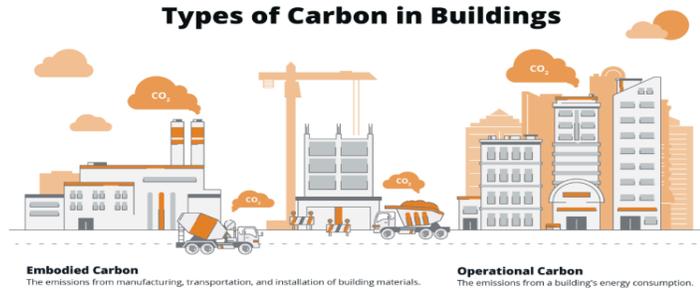
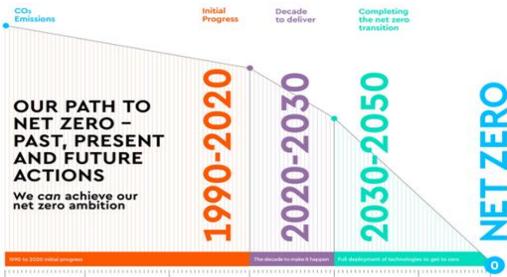
2050년까지 콘크리트 탄소배출량 80% 경감

탄소중립을 위한 기술 로드맵 개발

시멘트/콘크리트/구조설계 탄소배출 경감 기술 개발

탄소중립 건설 기술 표준 및 정책 제·개정

현황

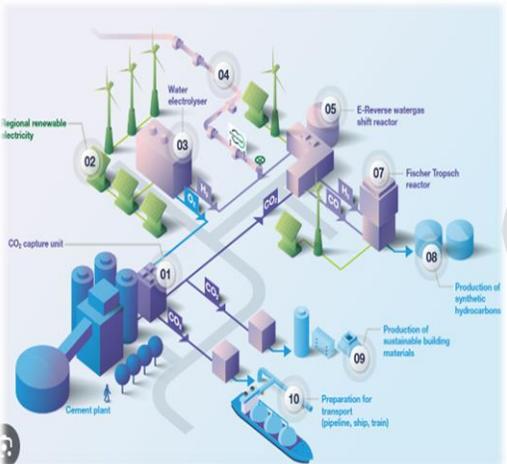


✓ 건설 산업 탄소중립 요구 확대

✓ 콘크리트 및 시멘트 산업 탄소배출 비중 현황

✓ 탄소중립 콘크리트 기준 부재

비전



Kiln improvement

킬른 최적화 기술

Alternative fuels

대체 연료 기술

Concrete mix design: Packing

최적배합설계기술

Alternative raw materials

대체재 활용 기술

Supplementary cementitious materials

대체 시멘트 기술

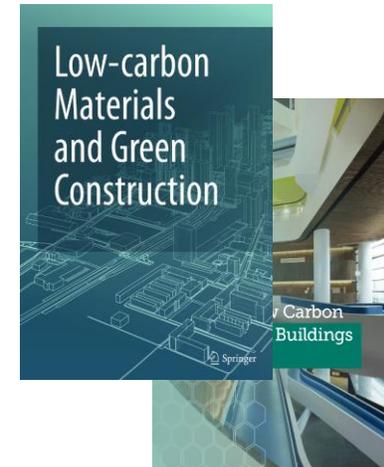
Carbon capture and storage

탄소포집 기술

✓ 탄소저감 기술 및 기술 개발 로드맵



✓ 구조경량화 및 최적화설계



✓ 탄소중립 건설 선진화 기준 제정

4.7 기대효과

콘크리트 탄소배출량 80% 감축

탄소 중립을 위한 기술 개발 로드맵 개발(세부목표 1)

- ✓ 고강도 콘크리트의 사용 기술 개발
- ✓ 고강도 철근의 사용 기술 개발
- ✓ 고강도 철근 대체재 사용 기술 개발
- ✓ 탄소중립 건설을 위한 표준 및 정책 개발

시멘트 단계의 탄소배출 경감 기술 개발(세부목표 2)

- ✓ 시멘트 대체재(SCM)의 사용량을 높여 크링커 사용 감축
- ✓ 킬른 효율 개선
- ✓ 대체 연료 및 원료 사용 기술 개발
- ✓ 혼합시멘트 확대 및 CCUS 기술 적용

기대 및 파급효과

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ 최밀입도 구현을 위한 배합설계 ✓ 내구성 노출 등급을 고려한 구조설계 ✓ 구조 최적화를 통한 재료 사용량 경감 ✓ 해체 구조물로부터 추출한 구조요소의 재사용 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 킬른 효율 극대화 ✓ 대체 연료 및 원료 대체 기술 확대 ✓ 혼합시멘트 확대 및 CCUS 기술 정착 |
|---|---|

4.7 기대효과

콘크리트 탄소배출량 80% 감축

콘크리트 단계에서의 탄소배출 경감 기술 개발(세부목표 3)

- ✓ 콘크리트 배합기술 개선
- ✓ 노출수준에 맞는 최적화 설계
- ✓ 콘크리트 사용량 최적화
- ✓ 내구성 노출 등급을 고려한 구조설계

구조물 단계에서의 탄소배출 경감 기술(세부목표 4)

- ✓ 고강도 콘크리트 사용 기술 개발
- ✓ 콘크리트 및 철근의 강도 수준 향상
- ✓ 장수명설계 기술 개발
- ✓ 고강도 철근 사용 기술 개발

탄소중립 건설을 위한 기술표준 및 정책 (세부목표 5)

- ✓ 탄소중립 기술에 대한 실증인증체계 구축
- ✓ 탄소중립 기술별 KS 인증체계 정비 및 신규 인증품목 발굴
- ✓ 기준 개정: 고강도 설계, 친환경 설계 등
- ✓ 법률 개정: 콘크리트의 탄소배출을 경감시키는 것과 관련된 각종 법률

기대 및 파급효과

- ✓ 단위 용적당 20 kg의 시멘트량 감소
- ✓ 골재의 최밀입도 구현을 통해 콘크리트에서 단위시멘트량의 10%를 절감
- ✓ 단위시멘트량을 줄이는 동시에 CO₂ 배출 경감

- ✓ 물량절감을 통한 탄소배출량 저감
- ✓ LCC를 고려한 구조시스템 개발 및 평가
- ✓ 고성능 철근 대체재 사용에 의한 탄소 배출 경감

- ✓ 탄소중립 기술표준 개발 및 인증체계 구축
- ✓ 콘크리트 분야 각종 기준 제·개정

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

05 **목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축**

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

08 중점추진사항과 주요사업요약

콘크리트 공사 중 붕괴사고로 인한 재산 및 인명 피해 속출

경향신문

대검, '광주 아파트 붕괴사고' 합동수사본부 구성 지시

2022.01.12 12:58 입력
허진우 기자



전남 광주시 서구 화정동 현대아이파크 아파트 외벽 붕괴 사고 현장. 연합뉴스

광주에서 아파트 공사 중 건물 일부가 무너져 노동자 6명이 실종된 사고에 대해 검찰과 경찰이 합동수사본부를 꾸려 수사하기로 했다.

대검찰청은 12일 입장문을 통해 "광주지검에 광주경찰청·광주지방고용노동청을 중심으로 합동수사본부를 구성해 철저히 수사할 것을 지시했다"며 "합동수사본부를 통한 상호협력으로 수사역량을 결집해 사고 원인을 철저히 분석하고 신속한 수사를 통해 중대재해 발생에 책임이 있는 자에 대해서 엄정하게 대

광주HDC 화정아이파크 붕괴 원인

당초 설계도서 (정상 시공 상황)

실제 시공 (사고시 현장 상황)

1 39층 바닥 타설 시공방법 및 지지방식을 당초 설계도서와 다르게 임의 변경

- 바닥시공: 일반 슬래브 → 데크슬래브
- 지지방식: 가설지지대(동바리) → 콘크리트 가벽
- PIT층 바닥 슬래브 작용하중이 설계보다 약 2.24배 증가, 하중중양부로 집중

2 PIT층 하부 동바리는 조기 철거하여 PIT층 바닥 슬래브가 하중을 단독 지지하도록 만들어 1차 붕괴 유발, 이로 인해 건물 하부방향으로 연속붕괴

*국가건설기준센터 표준시방서에는 고층건물의 경우 콘크리트 타설공사시 아래 3개 층에 동바리 설치 규정

3 붕괴 건축물에서 채취한 콘크리트 시편체의 강도시험 결과, 대다수 시편체가 허용 범위인 설계기준강도의 85% 이상 수준에 미달 (17개층 중 15개층)

자료/ 국토교통부 현대산업개발 아파트 붕괴사고 건설사고조사위원회

92m²의 5층 상가 건물이 무너져 잔해가 30m 폭의 도로 전체를 덮어 인명피해 속출
동아일보

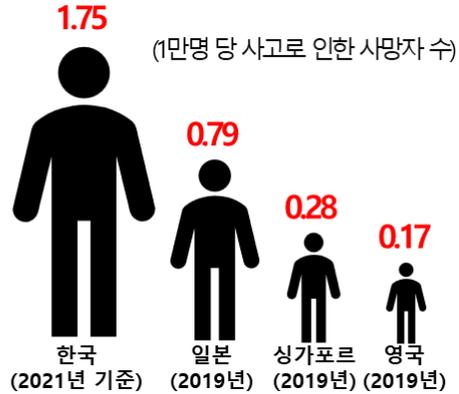
소방당국은 오후 11시 현재 버스에 타고 있던 운전사와 승객 등 17명 가운데 8명을 구조하고 9명의 시신을 수습했다. 가장 어린 사망자는 17세 남자 고등학생이다. 30대로 추정되는 여성 1명, 40대 여성 1명, 60대 여성 4명, 60대 남성 1명, 70대 여성 1명의 시신이 발견됐다. 소방당국은 추가 매몰자가 있을 것으로 보고 밤늦게까지 수색 작업을 한 부상자 8명(50대 1명, 60대 2명, 70대 5명)은 모두 중상을 입고 인근 병원으로 이송돼 치료 중이다.



건물 붕괴 순간 9일 광주 동구 학동에서 철거 중이던 18.75m 높이의 5층 건물이 무너지며 콘크리트 덩어리 시내버스(노란색 원)를 덮치고 있다. 뒤따르던 승용차는 다급히 후진했다. 이 사고로 왕복 7차로 도로에 건물 잔해가 쏟아졌고 반대편 버스정류장 유리가 깨질 정도로 큰 충격이 발생했다. 건물에 깔린 버스 안에서 17세 고등학생 등 9명이 숨진 채 발견됐다. 작은 사진은 지난 달 건물 모습. 독자 제공·네이버 지도

- 끊이지 않는 **건설업 중대재해사건/사망사고**: 광주 리모델링 현장사고(2021), 광주아파트 건설현장 붕괴사고(2021), 평택 물류창고 건설현장 붕괴사고(2022), 인천 검단아파트 주차장 붕괴사고(2023)
- 국내 **건설업 중대재해사고는 특히 콘크리트 구조물 건설 시공 중에 발생**. 콘크리트 구조물 건설 시, 콘크리트가 양생되기까지 가설재의 설치, 시공 및 구조 감리 등이 적절하게 이루어져야 하나 이에 대한 설계/감리/감독 등이 실효성 있게 이루어지지 않고 있음

선진국 대비 월등히 높은 건설현장 재해사고율의 저감필요



REF: 국가별 건설업 사고사망만인율 산출방식차이에 대한 비교 한국안전학회(2021)



'21년 사고사망자 828명, 만인율 0.43‰로 OECD 38개국 중 34위



[그림 2-38] 산업별 사고사망만인율 추이 (고용노동부, 2018)

□ 고용노동부 산업재해 사고사망 현황발표에 의하면, 국내 건설업 상시노동자 1만명 당 사고로 인한 사망자 수 (사고사망만인율)는 **2021년 기준 1.75명으로 주요선진국에 비해 2배~10배 높은 수준**

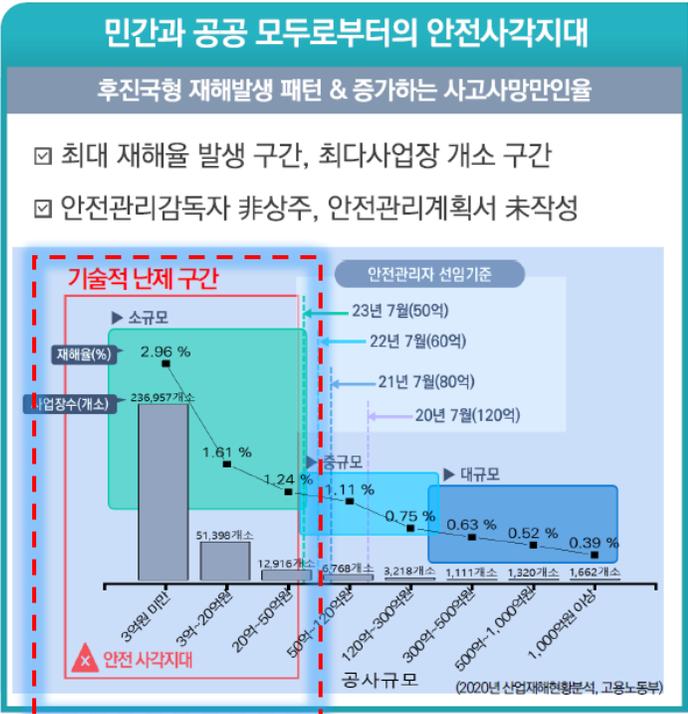
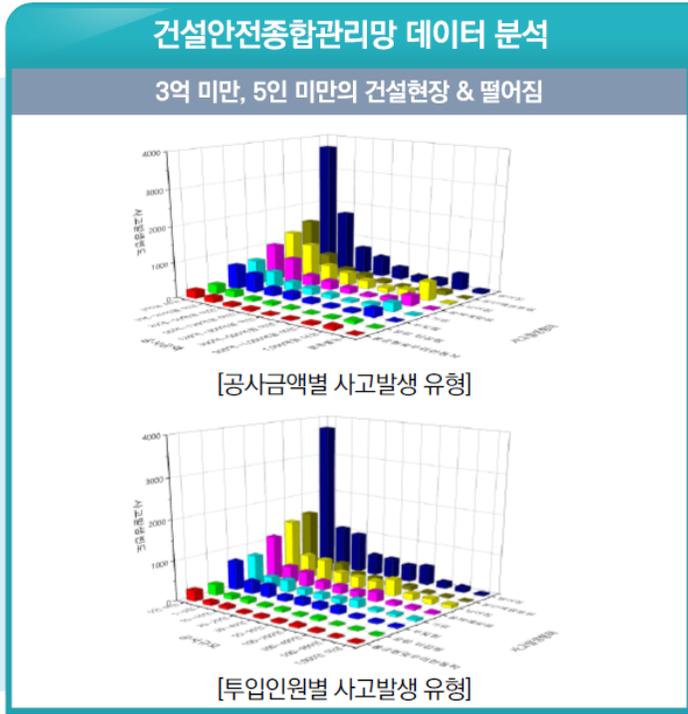
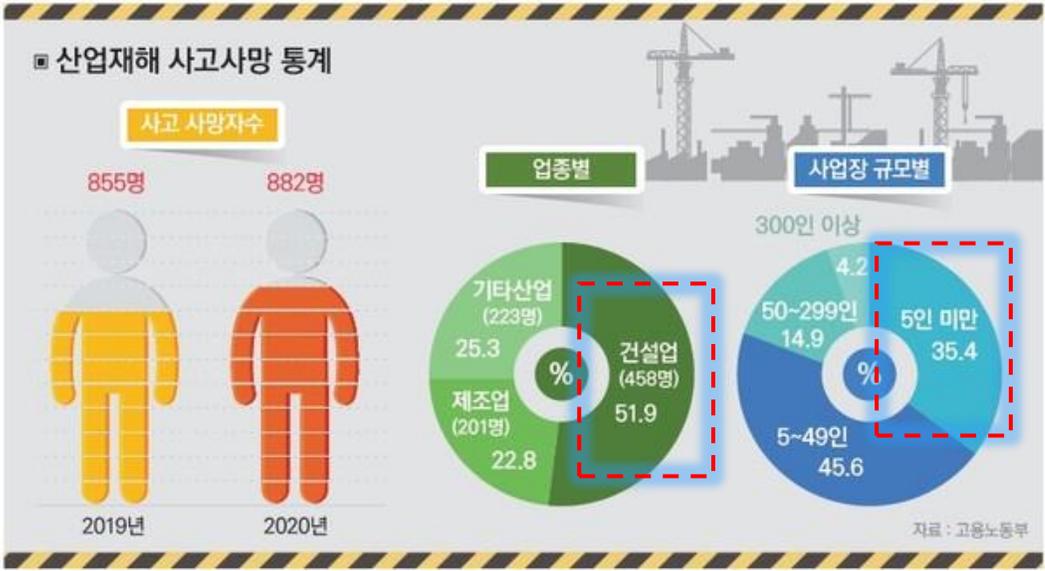
- 2019년 기준 사망만인율은 일본의 경우 0.79명, 싱가포르의 경우 0.28명, 영국의 경우 0.17명(한국안전학회, 국가별 건설업 사고사망만인율 산출 방식차이에 대한 비교, 2021)

□ 국토교통부는 건설사고 사망자를 획기적으로 낮추기 위한 **'건설안전 혁신방안(2020)'**을 발표

- 건설사고 사망자 360명선으로 감축목표(15% 감축): △취약분야 집중관리 △사업주체별 안전권한·책임 명확화 △현장중심 안전관리 기반조성

□ 과학기술 정보통신부는 '2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준'을 발표하면서, 건설산업의 경우는 IoT, 빅데이터, 드론 등 ICT 기술을 융합하여 **건설 과정을 디지털화, 장비 자동화 등을 통해 생산성 및 안전성을 극대화하는 스마트 건설 기술에 투자를 집중하여 공기 단축 및 재해율 감축 달성**이라는 목표를 제시함

국가산업재해의 큰 부분을 차지하는 건설현장 재해 → 소규모 건설현장 재해관리필요



<건설분야> → 국가 산업사망 재해의 50%를 차지, 고용노동부>

<소규모 건설현장> 안전관리의 사각지대, 고용노동부(2019)>

- **건설분야가 국가 산업사망 재해의 약 50% 차지(고용노동부)**
 - 건설분야 재해율을 40% 감축 시 국가 산업재해율을 20% 낮출 수 있음
 - (* 재해율(%) = 재해자수(또는 사망자수) ÷ 평균 근로자수 × 100)

- **건설현장의 사고발생은 대부분 소규모 건설현장에서 발생(고용노동부, 2020)**
 - 건설분야의 재해율을 낮추기 위해서는 소규모 건설현장의 안전관리 시급

건설현장 등에서 발생하는 안전사고를 줄이기 위하여 중대재해기업처벌법 발효

중대재해기업처벌법 주요 개요

	현행 법령	중대재해기업처벌법
적용대상	각각의 법에 분산돼 구체적 안전보건조치 위반의무 불이행에 대한 처벌로 처벌 미약	산재사망, 시민재해 모두 적용 / 사업장, 다중이용시설, 궤도 운행, 위험물 업소
처벌대상	노동자, 하급관리자만 처벌	기업법인과 최고책임자 처벌 명목상 책임자가 아니더라도 사고원인에 실질적 영향력을 행사한 실소유주 및 책임자 처벌
처벌 양형과 종류	<ul style="list-style-type: none"> 산재사망 7년 이하 징역, 10억 이하 법인 벌금 하한형 없어 평균 400여만원 벌금 영업정지 요청, 제한적 공포 제한적 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 3년 이상의 유기징역 또는 5억 이하 벌금 (하한형 도입) 2명 이상인 경우에 장기 또는 다액 합산 가중 영업정지, 보호관찰, 공 계약의 배제, 자금의 공무금지 병과 가능
손해배상 책임	없음	고의 또는 중대한 과실인 경우 손해액의 10배를 넘지 않는 한도로 손해배상

□ 건설현장 등에서 발생하는 안전사고를 줄이기 위하여 중대재해기업처벌법 발효

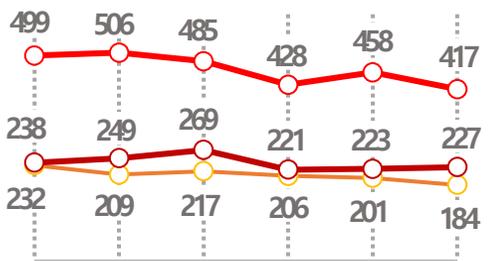
- 국가적 차원으로 재해율을 낮추기 위하여 사후 징벌적 제도를 도입 → 다만 건설현장 재해율을 낮추기 위한 선제적 **건설기술 개발이나 제도 도입이 필요함**
- 2022년 1월 28일부터 시행: 상시 근로자가 50명 미만인 사업 또는 사업장(건설업의 경우에는 공사금액 50억 원 미만의 공사)에 대해서는 공포 후 3년이 경과한 날부터 시행
- 상시 근로자가 5명 미만인 사업 또는 사업장의 사업주(개인 사업주에 한정) 또는 경영 책임자 등에게는 중대산업재해로 인한 처벌 조항 등이 적용되지 않음 → **소규모 현장에 대한 안전관리 미흡**

국내 건설업 산재 사망사고 현황

국내외 건설업 산재 사망사고율 비교

- 국가통계포털(KOSIS)에 의하면, 업종별 산재 사고사망 현황 중, **건설업 사고 사망자수(2021년 417명, 최근 6년간 평균 466명)는 전체 산업의 50% 이상 차지**
 - 일본의 경우, 건설업에서 발생하는 사고사망자의 비중은 약 1/3, 미국의 경우는 1/5 수준으로 상대적으로 적은 편(산업안전보건연구원, 주요 국가간 산업재해율 변화 추이 비교분석, 2020)
- 고용노동부 산업재해 사고사망 현황발표에 의하면, 국내 건설업 상시노동자 1만명 당 사고로 인한 사망자 수(사고사망만인율)는 **2021년 기준 1.75명으로 주요 선진국에 비해 2배~10배 높은 수준**
 - 2019년 기준 사망만인율은 일본의 경우 0.79명, 싱가포르의 경우 0.28명, 영국의 경우 0.17명(한국안전학회, 국가별 건설업 사고사망만인율 산출방식 차이에 대한 비교, 2021)

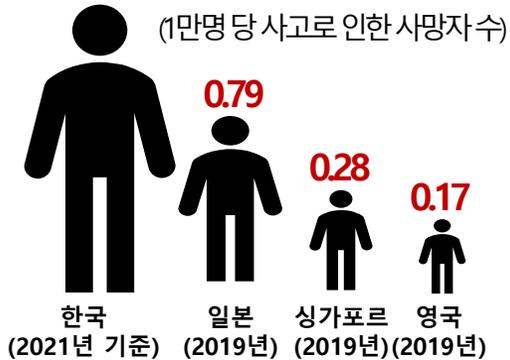
<업종별 산재사고사망현황> 단위명



2016 2017 2018 2019 2020 2021
 ○ 건설업 ○ 기타산업 ○ 제조업

REF. 국가통계포털(KOSIS)

1.75 주요선진국 사고사망만인율

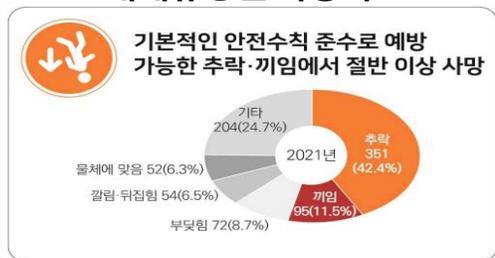


REF. 한국안전학회(2021), 국가별 건설업 사고사망만인율 산출방식차이에 대한 비교

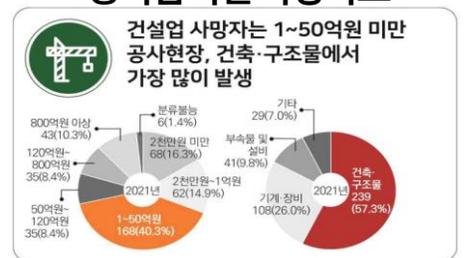
재해유형별 공사금액별 건설업 사망사고

- 2021년 건설 사고사망의 주요 재해유형은 **추락(351명) > 끼임(95명) > 부딪힘(72명) > 깔림 및 뒤집힘(54명) > 물체에 맞음(52명) 순**으로 기본적인 안전수칙 준수로 예방가능한 재래형 사고가 전체의 53.9%를 차지
- 규모별로는 50억 미만 사업장에서 사망자 298명(71.5%)으로 **사업장 규모가 작은 곳에서 주로 발생**
 - 자율적 안전투자가 가능한 대기업과 달리, 영세기업 주도의 소규모 현장은 안전관리 및 현장감독이 상대적으로 소홀. 고용부에 따르면 공사금액 3억원 미만 사업장의 안전조치 위반율(2021년 10월 기준 70.2%)은 공사금액 10억원 이상 사업장에 비해 65% 높은 수준
- 제도적/기술적 사각지대인 **소규모 건설 현장에 대한 안전관리 방안마련 시급**
 - 최근 안전관리 분야의 급속한 기술발전에도 불구하고 소규모 현장에는 비용 문제로 적용한계
 - 중대재해기업처벌법의 경우에도 5명 미만 사업장에는 적용하지 않음

<재해유형별 사망사고>



<공사금액별 사망사고>

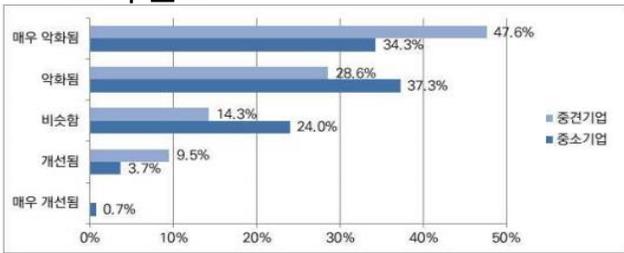


REF. 고용노동부(2021), 21년 산업재해 사고사망현황발표

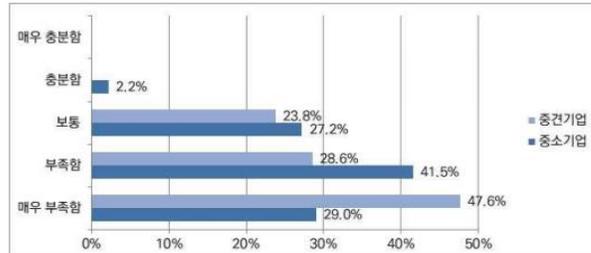
안전관리자 수급 악화, 건설기능인력의 고령화

저조한 안전투자 및 안전관리자 수급난

- 건설산업이 지니는 **고질적 안전불감증과 성과수익 중심의 기업경영**으로 인하여 산업전반의 안전관리 투자 미흡
 - 산업안전보건관리비의 평균 투자비용은 1,477,611천원/현장(총 공사비 대비 135%)으로 산업안전보건법에 의한 안전관리비계상 기준(공사비 약 20%)에 미치지 못하는 것으로 보고됨(이재현 외 3명, 서울과기대, 2021)
- **중대재해처벌법 등 산업안전 제도 강화로 인한 안전관리자 수급난 악화**
 - 최근 5년간 건설산업에 추가 공급된 안전관리자는 연평균 1,476명이며 734명이 건설기업에 공급되고 있으나, 안전관리자 선임 대상사업 확대에 따라 2023년 7월까지 필요한 수요는 3,914명으로 크게 증가할 것으로 예상됨(한국건설산업연구원, 2022)
 - 경영 여건이 상대적으로 취약한 중소 건설기업의 안전관리자 수급난이 가중될 가능성이 높음. 중소 규모 건설사업장의 충분한 안전관리비 확보를 위한 방안 모색 필요



주: 중소기업 응답 표본 크기는 271개, 중견기업 응답 표본 크기는 21개임.



주: 중소기업 응답 표본 크기는 272개, 중견기업 응답 표본 크기는 21개임.

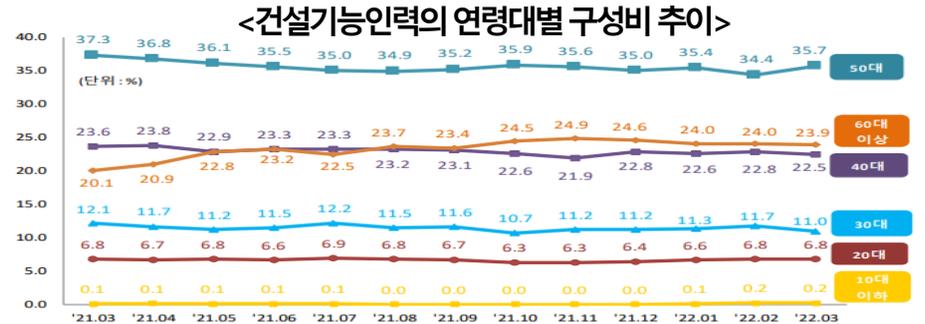
<최근 1년간 안전관리자 수급 여건의 변화>

<안전관리자 인건비 상승에 따른 산업안전보건관리비 집행 여건>

REF. 건설기술산업연구원(2022), 건설업 안전관리자 수요증가에 따른 안정적인 수급 확보방안

건설기능인 고령화 및 숙련공 부족

- **건설기능인 고령화로 인한 안전사고 위험도 증가**
 - 전체 건설기능인력 중 40대 이상 근로자가 차지하는 비중은 82.4%에 달하는 것으로 집계되었으며, 그 중 40대 22.6%, 50대 35.4%, 60대 이상 24%로 60대 건설기능인력 비중이 40대를 추월(건설근로자공제회, 2022)
 - 건설업 사고사망자 458명 가운데 60세 이상은 192명(41.9%)으로 집계되었으며, 60대 이상 사망자비율은 급속도로 증가하는 추세(2014년 29.2% → 2015년 32.0% → 2018년 40.2%, 국가통계포털)
- **건설인력부족에 의한 비숙련·고연령 고용 증가**
 - 건설기능인력 부족 수준이 2020년 기준 83만 명에서 2024년 기준 96만 명(2024년 소요 예상 167만명) 수준으로 악화할 것으로 예측(고용노동부, 2020)
 - 60대 이상 근로자의 37.1%는 50대 이후 건설업에 진입(건설근로자공제회, 2018)
 - 일본은 젊은 층 유인을 위해 정보통신 기술(ICT)과 건설장비를 융합한 건설 자동화 추구(한국건설산업연구원, 2019)



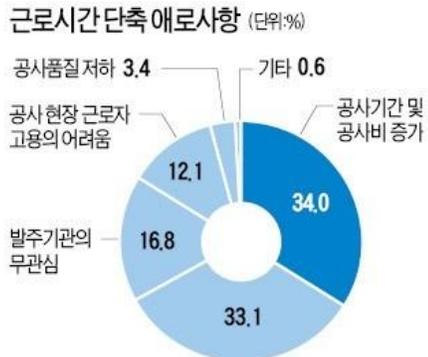
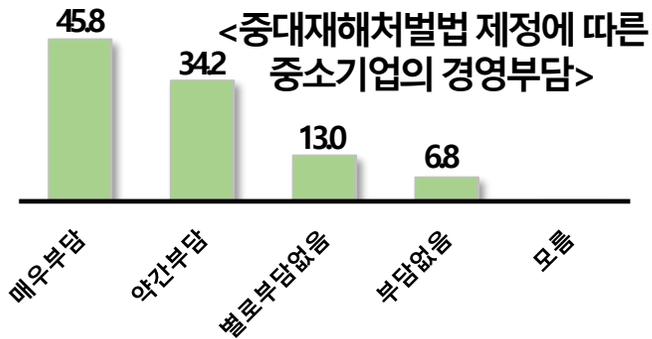
주: 건설기능인력은 건설현장에서 육체노동에 종사하는 '기능원 및 관련기능 종사자', '장치기계조작 및 조립종사자', '단순노무종사자' 등 합한 개념임. 자료: 통계청, 경제활동인구조사, 각 연도 각 월 기준

REF. 건설근로자공제회(2022), 건설기성 및 건설기능인력 동향

건설산업 규제환경 변화 및 스마트 건설기술 요구증대

중대재해처벌법 및 주52시간 근무제 시행

- 중대재해처벌법 시행은 **안전관리강화로 공기 지연 및 비용 증가**
 - 산업재해 발생은 인명 손상 이외에도 작업 중지 및 보상 등에 의한 기업/사회비용 증가
- **근무시간 단축**에 따른 건설현장 공사비 및 공사기간 증가 → **경영악화**
 - 한국건설산업연구원에 따르면, 주 52시간 근무제로 인하여 **총 공사비가 최대 145% 상승**할 것으로 예측(18, 한국건설산업연구원)
- 건설 기계화, 자동화, 공장화를 통한 **산업재해 감축 및 생산성 향상 도모가 필요**
 - 위험도가 큰 고소작업 공정을 우선적으로 자동화 및 기계화 하는 전략 요구



REF. 중소기업중앙회(2021), 중대재해법 및 산업안전 관련 중소기업 의견조사

REF. 환경뉴스 (<https://www.hankyung.com/realstate/article/2018061139961>)

공장생산기반 친환경 OSC공법 활성화

- 친환경 OSC(Off-Site Construction) 수요 증가
 - 도심지 분진소음에 대한 민원 증대 및 보상비용 증가, 현장작업의 최소화, 신속하고 쾌적한 조립중심현장 구축, 공장생산품의 운송시장 확대, 장수명 콘크리트 구조 실현
- OSC 3대 축인 '모듈러(modular)', 'PC(precast concrete)', '패널라이징(panelizing)' 활성화 필요
 - '공장생산, 협력적 작업, 디지털화' 등 3가지 요소에 대한 전략수립이 필수
 - 친환경 및 디지털화에 부합/설계시공 표준화 필요
 - 싱가포르의 외국인 근로자 중심으로 수행되는 현장 기반의 산업 구조에서 벗어나고 생산성을 증진시키기 위한 방안으로 모듈러 시공 등을 활용한 스마트건설을 적극적으로 추진하고 있으며, 국가 차원에서 이를 주도하고 지원하기 위한 정책과 제도를 제시하고 있음

<싱가포르 건설청(BCA)의 모듈러 적용 사례>

사업	주요 내용	효과	비고
주거용 건축물 사례	<ul style="list-style-type: none"> • 반복적이며 표준의 형태 및 디자인을 보유한 시설에 적합 • 공장 : 모듈러 생산 • 현장 : 모듈러 조립 	<ul style="list-style-type: none"> • 호텔, 콘도, 공동 주거시설 등에 효과 • 약 50% 이상의 생산성 증대 • 작업자 감소 및 공사 기간 단축 • 먼지 및 소음 최소화 • 현장 안전성 증대 	

자료 : Mckinsey & Company(2016).

REF. 한국건설산업연구원(2019), 미래 건설산업의 디지털 건설기술 활용 전략

전통적 안전관리의 한계 및 디지털 기술활용 요구증대

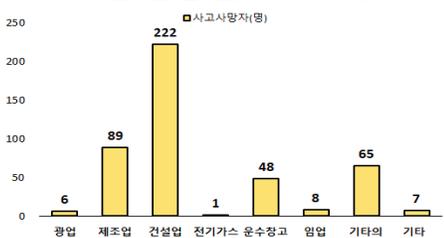
기존 구조·시공·안전 감리 및 관리제도의 한계

- **중대재해처벌법 시행 및 안전감리제도 강화에도 지속적인 안전사고 발생**
 - 2020년 평택 물류창고 인명사고 이후 상주감리로 전환, 감리인원도 증원하였지만 또다시 같은 공사장에서 화재사고 발생, 2022년 1월 광주아파트붕괴사고로 노동자 6명 사망
 - 중대재해법 시행 이후, 2022년 6월 기준 건설 사고사망자는 222명으로 전년 대비 75% 감소하였으며, 건설업 사망자비중은 49.8%로 전년과 거의 동일
- **공사 안전관리를 위한 인원수요는 급증, 반면 감리인력 부족/감리자의 전문성 부족**
 - 2020년, 국토부의 주택건설현장 감리강화 방안(주택규모에 따른 상주감리 증원, 감리자 자격요건 강화)에 '적정대가 지급근거 부족' 및 '감리원 고령화의 이유로 감리업계 반발'
- **구조물 안전을 위한 구조감리 사각지대 존재 및 법적 실효성 한계**
 - 전문가 비상주로 인한 비연속적인 구조감리(주요 시공단계별 구조감리 실시)
 - 구조감리대상건물 확대에 따른 전문가수요는 급증하는 반면, 전문가 현장파견을 위한 시간, 비용, 거리의 한계로 인하여 모든 건물의 안전성 확보 불가

디지털 안전관리기술 도입 및 활용 요구증대

- **2018년 국토부 정책:** 건설인력고갈 문제를 해소하고 안전성 확보를 위해 디지털 기반 기술(인공지능, 로봇틱스, 초현실 지능화 기술 등)을 시공 자동화 및 시공 모니터링에 적극 활용할 것을 제시
- **디지털 안전관리기술 R&D 환경조성**
 - 디지털 기술 → 건설전반 안전성 향상 + 인력난 해소 가능
 - 2021년, 한국전자통신연구원 및 국토안전관리원은 건설현장 재해율 25% 저감을 목표로, IoT(사물인터넷) 통신기반 환경을 공사장 내 구축, 사고를 미연에 방지하기 위한 시스템 개발에 착수
 - 2022년, 단국대학교 및 이하 연구진 국토교통부 사업 일환으로 건설현장 생산성 및 안전성 향상을 위해 "디지털 기반 건축시공 및(원격) 안전감리기술 개발" 연구에 착수
- **디지털 안전관리기술의 도입 및 적용을 촉진할 제도적 지원 필요**
 - 새로운 기술 도입 주체는 기업임에도 불구하고 건설산업 특성, 기술의 불확실성, 제도로부터 기인하는 한계성은 기업 자체적으로 극복하기 어려운 장애물이며 정부의 지원을 통한 개선 필요
 - 2019년, 건설산업연구원은 "스마트 건설기술 활성화를 위한 법제화 방향" 제시 <홀로빌더 솔루션의 실시간 현장관리 기능 예시> <디지털 기반 원격구조감리시스템 개념도>

<2022년 업종별 사고사망자수>



REF. 고용노동부(2022), 6월말 산업재해 발생현황

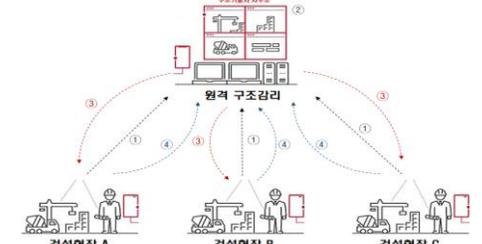
<구조형식별 공사구조감리 단계>

구 조	공 정
- 철근콘크리트, 철골조, 철골·철근콘크리트조, 조적조, 보강콘크리트블럭조인 경우	- 기초공사시 철근배치를 완료한 때 - 지붕슬래브 배근을 완료한 때 - 5층 이상 건축물인 경우 지상 5개 층마다 상부 슬래브 배근을 완료한 때
- 철골구조인 경우	- 기초공사시 철근배치를 완료한 때 - 지붕철골 조립을 완료한 때 - 3층 이상 건축물인 경우 지상 3개층 마다 또는 높이 20미터마다 주요 구조부의 조립을 완료한 때
- 상기 구조 이외의 경우	- 기초공사에 있어 거푸집 또는 주춧돌의 설치를 완료한 때

REF. 건축공사 감리세부기준



REF. 한국건설산업연구원(2019), 미래건설산업의 디지털 건설기술 활용전략



5.3 목표

콘크리트 공사 재해율 40% 감축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ **최근 안전에 대한 사회적 인식강화**
 - 경주-포항 지진, 광주아파트붕괴사고 등 대규모 재난과 관련한 국민적 관심 증대
- ❖ **건설기능인력의 노령화 및 숙련공의 부족 문제가 심화**
 - 건설기능인력 고령화, 노동생산성 감소 및 안전사고위험 증대
 - 코로나19로 외국인근로자 입국제한, 숙련공의 임금증가로 인력 기근 현상 심화
- ❖ **재래식 노동집약형 건설방식으로는 공사사고율 감축 및 노동생산성 향상 한계**
 - 2021년 기준 건설산업 사고사망자 수는 417명으로 전체 산업의 50% 이상 차지, 사망자는 1.75명으로 주요선진국의 3배 이상
- ❖ **디지털 안전감리 및 건설현장 자동화를 통한 공사사고율 감축 및 노동생산성 향상이 요구됨**
 - 전체 사망사고의 72%가 안전관리 사각지대인 소규모 사업장(공사 금액 50억 미만)에서 발생하였으며, 추락에 의한 사망자 수가 전체 사망자 수의 절반 이상 차지
 - 인력감축 및 위험현장작업 축소를 위한 자동화 및 기계화 시공법 요구

세부 목표

- ❖ **노동력 감축형 건식화/자동화/기계화 시공기술 개발**
- ❖ **디지털 안전관리 시스템 개발**
 - 지능형/비대면 구조안전 및 시공관리 기술 개발 및 실용화
 - 디지털 건설기술 실증 및 인프라 구축
- ❖ **디지털 안전 기술자 양성**
- ❖ **원격 디지털 관리제도 법제화**

건설현장의 스마트화를 통한 콘크리트 건설현장 안전성의 혁신적 향상

세부목표 1

디지털 안전관리 시스템 개발
→ 공사 재해율 20% 감축

- 지능형/실시간 원격 구조감리시스템 개발
- 현장 실시간 지능형 안전관리기술 개발
- 소규모 건설현장적용이 가능한 적정 안전관리시스템 (지역공동관리) 개발

세부목표 2

노동력 감축형 조립식/자동화/기계화 시공기술 개발
→ 공사 재해율 20% 감축

- 노동력 감축형/현장작업 최소화 기계화 시공기술 개발
- 자율주행/AI 기반 다목적·다기능 건설로봇기술 개발
- 자동화/로봇 기술을 위한 설계자동화(DFA) 및 시공 통합관제 기술 개발

세부목표 3

디지털 안전 기술자 양성 및 원격디지털 관리제도 법제화

- 스마트 건설인력 수급을 위한 교육 방안 마련 및 재보수 교육실시
- 디지털 건설기술 현장적용/활성화를 위한 기술표준/ 법제도/ 정책 개선
- 소규모 건설현장 안전관리 지원을 위한 법제도 정책 개선

2050년까지 콘크리트 공사 재해율 40% 감축
(국가산업 재해율 20% 감축 효과)

2050년까지 건설현장의 스마트화를 통한 콘크리트 공사 재해율 40% 감축 (국가산업 재해율 20% 감축 효과)

목표산출 근거

❖ 산업의 재해정도를 나타내는 지표는 재해율, 사고사망만인율 등이 있으며 대개 비슷한 정의를 따르고 있음

- 재해율(%)=재해자수(또는 사망자수)÷평균 근로자수×100
- 사고사망만인율=사고 사망자수÷평균 근로자수

❖ 2022. 11 정부부처 합동회의에서 26년까지 사고사망만인율을 OECD 평균수준인 0.29로 감축할 것을 목표로 정함



* 하지만 주요선진국의 재해율이나 사고사망만인율과 비슷한 수준으로 감축하기 위해서는 대략 현재의 재해율이나 사고사망만인율을 50% 이상 감축시켜야 함

- 다만, 인구추계, 근로자수 변화, GDP 등을 고려했을 때, 2050년까지 재해율의 자연감소는 10% 이상 발생할 것으로 판단됨(2022. 11 정부부처 합동회의)
- 따라서 주요선진국 수준으로 재해율이나 사고사망만인율을 낮추기 위해서는 전 산업에서 40% 이상의 재해율 감축이 필요함 (40% 감축+10% 자연감소 → 50% 이상 재해율 감축 가능)

* 건설분야가 국가 산업사망 재해의 약 50% 차지(고용노동부)

* 콘크리트 공사재해율 40% 감축시키기 위해서는 소규모 건설 현장의 추락/끼임 사고와 같은 취약분야를 집중관리해야 함

- 이를 위해서는 노동력감축형 건식화/자동화/기계화 시공기술 개발(20% 감축), 디지털 안전관리시스템 적용(10% 감축), 안전관리 법제화(10% 감축)가 필요함

세부목표 1) 디지털 안전관리 시스템 개발

비대면/실시간 감리 및 안전기술 개발

사회적 니즈

- ❖ 국내외 건설업 산재 사망사고율 하향 필요
- ❖ 규모가 작은 건설현장에서의 사고율 저감 필요
- ❖ 저조한 안전투자 및 안전관리자 수급난
- ❖ 건설기능인 고령화 및 숙련공 부족



비전

- ❖ 비대면/실시간 감리기술의 개발: 건설현장 안전관련 데이터 자동탐지, 축적 및 AI기반 분석 플랫폼을 활용한 안전관리 업무 생산성 제고
- ❖ 건설 시공 및 안전감리분야의 비대면/디지털화를 실현하여 건설현장 환경을 획기적으로 개선하고 소규모 건설현장의 안전관리에도 활용→ 재해율 10% 이상 감축

중점추진사항

- ❖ 지능형/비대면 구조안전 및 시공관리 기술 개발 및 실용화(~2030)
 - 실시간 구조감리 및 시공관리 통합 플랫폼 개발
 - 비대면 원격구조감리기술 개발
 - 현장데이터 규격화 및 자동탐지 기술 개발
 - 공사 중 구조물의 붕괴예측 및 현장구조감리 기술 개발
- ❖ 공사현장 실시간 지능형 안전관리기술 및 시공·품질 관리기술(~2030)
- ❖ 소규모 건설현장적용에 적용가능한 적정 안전관리시스템 개발(~2030)
- ❖ 디지털 건설기술 실증 및 인프라 구축(~2040)
- ❖ 디지털 기반 지능형 실시간 안전관리 및 시공관리 시스템 활성화(~2050)



세부목표 1) 디지털 안전관리 시스템 개발

비대면/실시간 감리 및 안전기술 개발

사회적 니즈

- ❖ 국내외 건설업 산재 사망사고율 하향 필요
- ❖ 규모가 작은 건설현장에서의 사고율 저감 필요
- ❖ 저조한 안전투자 및 안전관리자 수급난
- ❖ 건설기능인 고령화 및 숙련공 부족

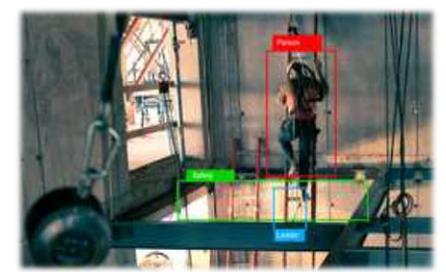


비전

- ❖ 비대면/실시간 감리기술의 개발: 건설현장 안전관련 데이터 자동탐지, 축적 및 AI기반 분석 플랫폼을 활용한 안전관리 업무 생산성 제고
- ❖ 건설 시공 및 안전감리분야의 비대면/디지털화를 실현하여 건설현장 환경을 획기적으로 개선하고 소규모 건설현장의 안전관리에도 활용→ 재해율 10% 이상 감축

중점추진사항

- ❖ 현장 기반의 산업용 사진 및 비디오 분석 솔루션을 적용한 사고 감지 AI 엔지니어 적용(~2030)
 - * **자동으로 사진 및 비디오를 분석하여 안전 장비가 없는 작업자 감시**
 - AI 및 머신러닝을 이용하여 현장 상황의 자동 감시를 통한 안전관리 준수
 - 부상 위험이 있는 현장 상황을 탐지하여 최종관리자에게 보고 및 경고 알람 발생
 - AI 엔지니어를 활용한 추락방지, 누수 등을 미리 감지하여 ICT를 통한 안전 엔지니어 역할 대체
- ❖ 빅데이터 분석을 통한 디지털트윈 기반의 예측지원 안전 통합 관제시스템 적용(~2030)
 - * **전 건설현장을 안전관리할 수 있는 스마트 안전 통합 체계 구축**
 - 안전이 취약한 중소현장에서도 사용이 가능한 즉각적인 현장 안전 대응 시스템 개발
 - 지역 단위의 안전사고 예방을 통합 관제하는 전용 시스템 구축



세부목표 2) 노동력 감축형 조립식/자동화/기계화 시공기술 개발

조립식 PC 공법의 개발 및 적용 확대를 통한 현장 인력 감축

사회적 니즈

- ❖ 인구감소에 따른 노동력 감소: 건설시장 노동인력 수급 부족
- ❖ 노동인력 고령화: 건설시장 노동인력 숙련도 저하
- ❖ 주 52시간 근무제: 고용의 질, 품질 향상, 비용(공기) 증가
- ❖ 스마트 건설기술: 공기단축, 인력 투입 절감, 현장안전 제고



비전

- ❖ 현장중심의 노동집약적인 콘크리트 산업의 생산 체계를 공장중심의 스마트 기술 집약적인 생산체제로 개편, 현장 콘크리트공사에서 발생 사고 감축 → 콘크리트공사 재해율 20% 감축
- ❖ 현장 생산 방식 최소화를 통한 생산성 향상 및 안전 관리 간소화

중점추진사항

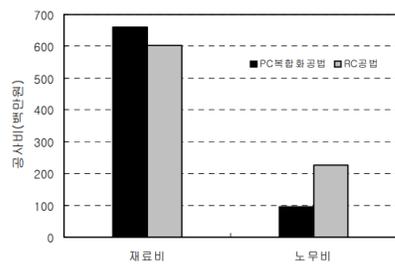
- ❖ 실제 재래식 RC 공법대비 조립식 PC 공법의 현장작업인원은 10% 내외로 알려져 있음
- ❖ 따라서 조립식 PC 공법 적용이 일반화 되면, 골조공사시 사고위험에 노출되는 현장작업인원의 대폭축소가 가능

(재래식 RC 공법 대비 90% 정도 현장인원 축소가 가능)

→ 콘크리트 공사 재해율 20% 감축가능(~2030)

→ 현장인원 감축 및 노무비용 50% 이상 감축

- 현장작업 간소화를 통한 현장 안전사고 감축 효과 기대
- 현장작업 최소화를 통한 위험노출 현장인원 감소 및 노무비 절감



REF: 유대호 등(2007). 프리캐스트 콘크리트 복합화공법의 경제성 분석에 관한 연구

	생산성 지수	man-hour	시간당 인건비	전체 인건비
100% 현장 작업 시	1.00	1,000,000	\$50	\$ 50 Million
선작업 적용 시	70% 현장 작업	700,000	\$50	\$ 44 Million
	30% 선작업	240,000	\$35	

REF: Haas, C. T., & Fagerlund, W. R.(2002). Preliminary research on prefabrication, pre-assembly, modularization and off-site fabrication in construction. Construction Industry Institute.

REF: 장철기, & 성유경(2006). 선작업방식을 통한 현장 기능인력 저감 및 적용조건

세부목표 2) 노동력 감축형 조립식/자동화/기계화 시공기술 개발

자동화/기계화 시공법의 적용을 통한 고위험 현장 작업 축소

사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 디지털 경제구조 강화: 건설산업의 디지털화 ❖ 중대재해처벌법(안전시공): 손실비용 저감 및 건설공사 연장 ❖ 스마트 건설기술: 공기단축, 인력 투입 절감, 현장안전 제고 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 현장시공의 자동화/기계화를 통한 현장인력 감축 ❖ 현장공정 안전사고 환경 개선 ❖ 콘크리트 공사 재해율 20% 이상 경감

중점추진사항

❖ 현장시공의 자동화/기계화[건설로봇 및 3차원 시공 시뮬레이션]를 통한 현장인력 감축(~2040)

→ Case 1: 현장시공 안전사고 발생빈도가 높은 외벽 시공 자동화 적용

* 기존 갱폼의 수동인양 시스템을 자동인양 시스템으로 변경

- 타워크레인이 아닌 레일 기반 유압 인양 자동화 시스템 적용으로 갱폼 인양 시 안전사고를 원칙적으로 예방
- 강풍에 의한 사고 및 공기지연 방지 가능

→ Case 2: 숙련공에 의존한 노동집약적 미장작업 자동화

* 로봇을 활용한 콘크리트 슬래브 마감 작업으로 미장작업의 자동화 가능

- 주변 환경을 지도화, 구획화하여 마감 진행
- 미장작업의 자동화로 균열 감소, 평탄도 확보, 균일한 슬래브 두께 확보 가능
- 장시간 야간 작업에 대한 안전사고 예방 효과 기대 가능



세부목표 3) 소규모건설현장을 위한 지역 안전관리제도

소규모 공사현장 안전 향상을 위한 지역별 공동 관리 제도 및 인프라 구축

사회적 니즈

- ❖ 소규모 건설현장의 안전재해 사고 발생률 저감이 가장 중요
- ❖ 안전기술자의 인력부족 심화
- ❖ 예산부족으로 인한 개별 소규모 건설현장 안전관리원 배치는 어려움
- ❖ 소규모 건설현장 안전관리 지원 시급



비전

- ❖ 소규모 건설현장의 재해율 감소로 전체적인 국내의 건설안전재해율 하락
- ❖ 소규모 건설현장의 공동관리제도 운영으로 경제적으로 고품질의 안전 관리가 가능함
- ❖ 소규모 건설현장 안전관리 지원을 위한 법제도 정책 개선안 도출

중점추진사항

- ❖ 소규모 건설현장 안전관리 지원을 위한 법제도 정책 개선안 마련(~2030)
- ❖ 지역 건축안전센터에 기존의 구조안전관리 기능과 함께 재해안전 관리기능을 수행할 수 있도록 개편(~2030)
- ❖ 지역별 안전공동관리시스템 구축 및 운영(~2030)
- ❖ 소규모건축물 대상 안전등급제 실시(~2040)

〈디지털 건설 기준 재·개정 추진 절차〉

제·개정 수요 조사	국가건설기준 코드 분석	시공기준(안) 작성	국가건설기준 승인
- 디지털 건설기술 조사 및 분석 - 기술보유 기관 의견 수렴 - 해외사례 조사 분석	- KCS, EXCS의 코드 체계 분석 - 시방서, 지침, 편람, 기술지도서 등 - 제·개정 건설기준 목록도출	- KCS, EXCS의 제·개정(안) - 표준·전문·공사 시방서 - 시공 현장 검증 및 보완	- 중앙건설기술심의 - 건설기준위원회 - 표준화 검토



지역 건축안전센터를 통한 현장안전관리

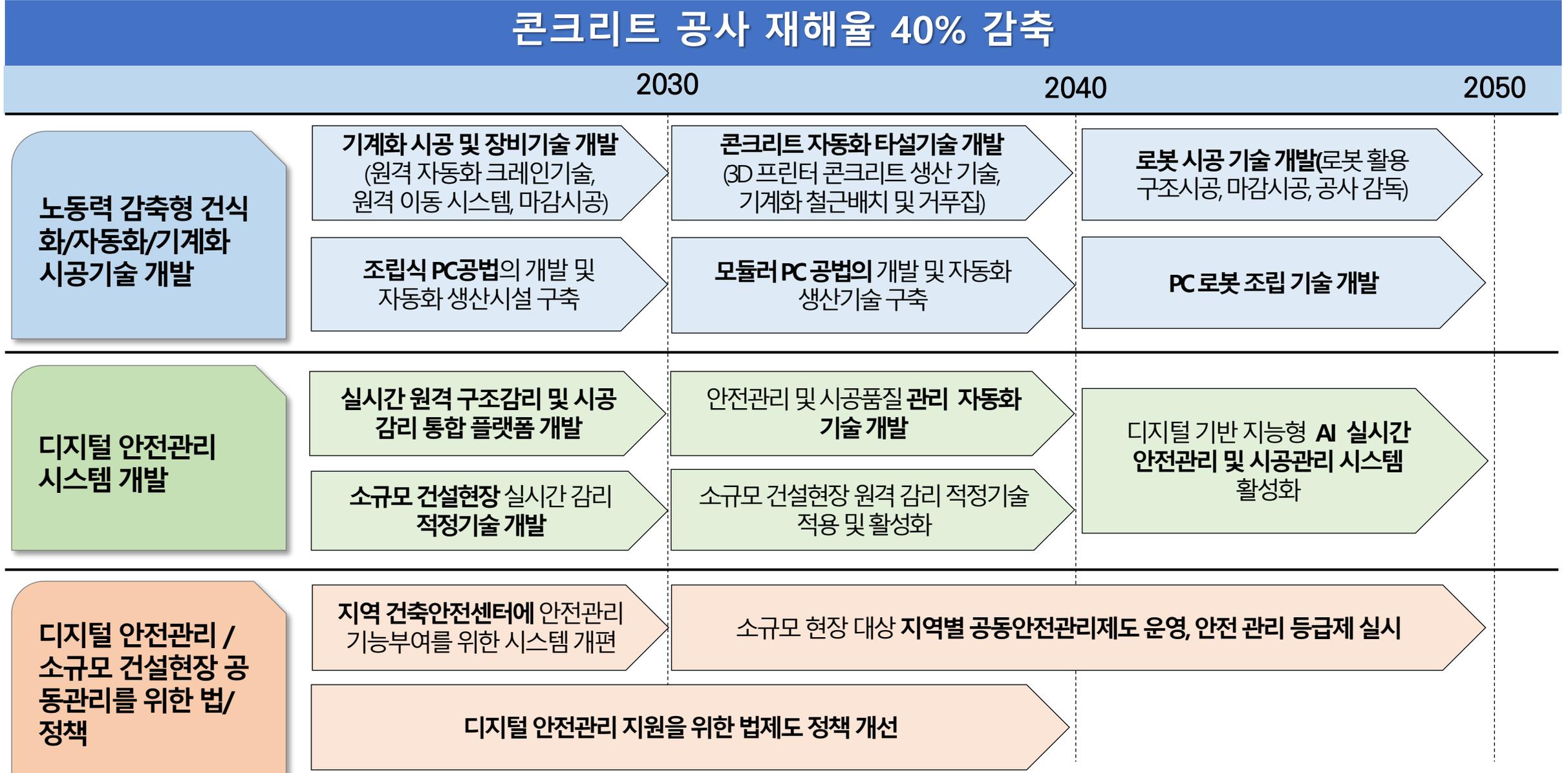
소규모 건설현장 안전관리 법적 지원



소규모건축물 대상 안전등급제

출처 : “디지털경제가속화”에 따른 건설산업혁신방안, 대한건설정책연구원, 2020.

5.5 추진전략



2050년까지 건설현장의 스마트화를 통한 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

노동력 감축형
건식화/자동화/기계화 시공기술 개발



✓ 현장 및 인력 기반 시공

디지털 안전관리 시스템 개발



✓ 현장구조감리

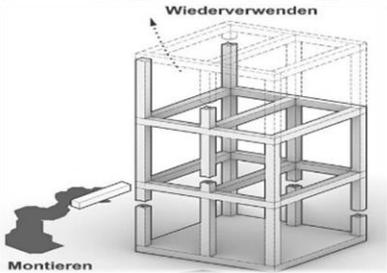
소규모 건설현장을
위한 지역공동관리제도



✓ 소규모 건축현장 안전사각지대

현황

비전



✓ PC 로봇조립기술



✓ 조립식 PC/모듈러 PC 공법



✓ 3D프린팅/자동화 타설 콘크리트



✓ 기계화시공/로봇시공



✓ 원격구조감리



✓ 지역 건축안전센터 활성화
(현장안전공동관리/소규모건축물 안전등급제)

5.7 기대효과

콘크리트 공사 재해율 40% 감축

노동력 감축형 건식화/자동화/기계화 시공기술 개발 (연계목표 1)

- ✓ 기계화/자동화 공법 활용 **현장노동인력감축**
- ✓ 로봇 시공기술 개발
- ✓ 안전한 일자리 환경조성을 통해 공익적 가치에 기여

디지털 안전관리 시스템 개발(연계목표 2)

- ✓ 디지털 안전 기술자 양성, 원격디지털 관리제도 법제화
- ✓ **원격 디지털 안전관리 시스템구축**

소규모 건설현장을 위한 지역안전관리제도(연계목표 3)

- ✓ **지역별 공동안전관리**를 위한 지역건축안전센터 개편
- ✓ 소규모 건설현장 안전관리 지원을 위한 정책 개선안 제정

기대 및 파급효과

- ✓ 건설분야 재해율 감축을 통한 국민의 안전과 재산 피해 최소화
- ✓ **건설분야 재해율 40% 감축을 통한 국가전체 산업재해율 20% 감축 실현→2050년까지 선진국 수준으로 재해율 저감**
- ✓ 디지털 안전관리 시스템 도입과 활성화를 통하여 **안전한 일자리 창출**
- ✓ 소규모 건설현장의 적정기술 도입 및 지역별 공동안전관리제도 운영을 통한 **안전사각지대 문제점 해소**

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

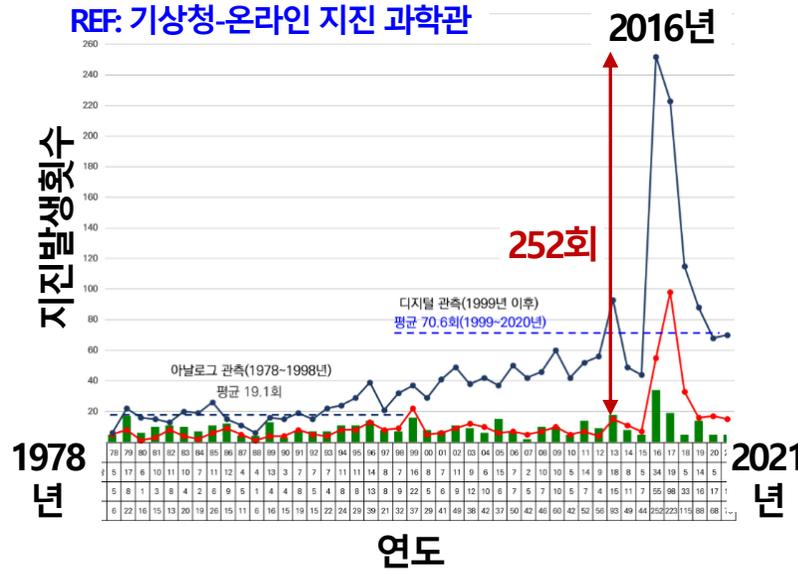
05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 **목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상**

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

08 중점추진사항과 주요사업요약

한반도 지진위험성 증가 및 국내지진 주요 피해현황

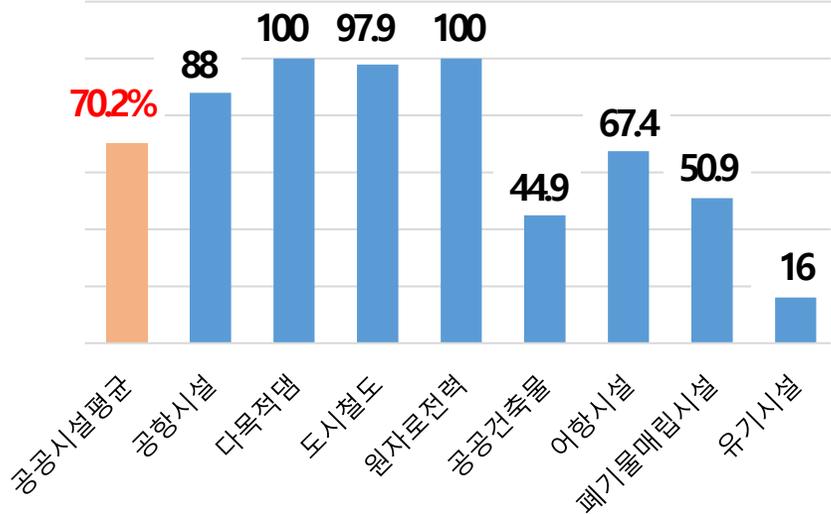


<경주-포항지진 주요피해 현황>

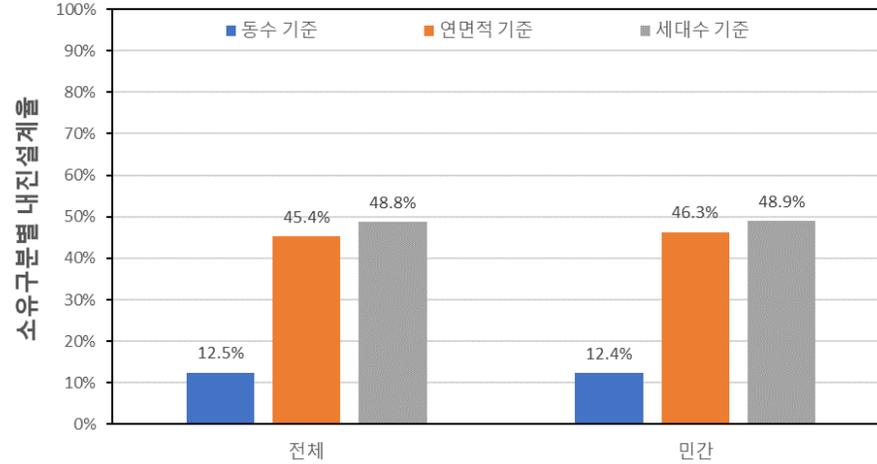
- 동일본 대지진(2011, 규모 9) 이후 한반도 주변 단층대 재활성화 ▶ 동해 인근 **한반도 지진 촉발 가능성 증대**
REF: 2019년 MBC 뉴스보도(홍태경, 연세대 지구시스템과학과 교수 코멘트 참조)
- 기상청(2021)에 따르면, **경주지진이 발생한 2016년 지진발생 횟수는 252회로 역대 최고 수치를 기록**, 2020~2021년 이웃나라인 일본에는 규모 6.0 이상의 지진이 총 9회 발생하며 **인근 지역인 한반도의 지진위험 역시 간과할 수 없는 상황**
REF: 위키백과 <일본의 지진 목록>
- 경주 및 포항지진으로부터 저층 건물, 학교시설, 필로티 구조, 비내진상세 건물 등 피해 집중

시사점 → **국내 지진에서 피해가 집중된 지진취약건물에 대해 취약특성을 고려한 종합대책 필요**

국내 공공 시설물 및 민간 건축물의 내진율



<공공시설물 내진율, 2020년 말 기준>



1) 전체: 공공 & 민간 2) 민간: 개인 & 법인 & 기타



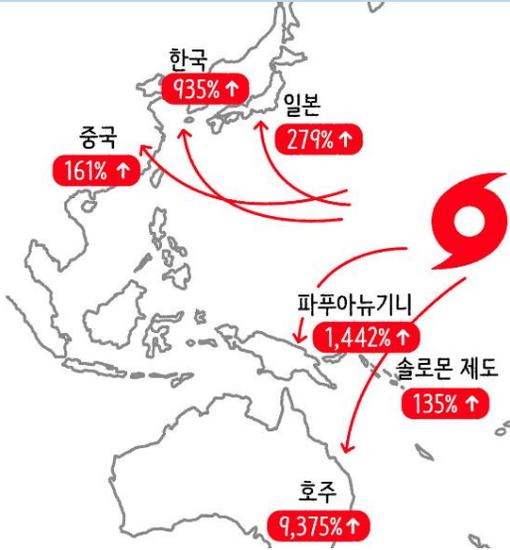
<지진취약건물의 지진피해>

- 공공시설물의 내진율: 지진·화산재해대책법의 33개 공공시설물의 경우, 2020년말 기준 전체 내진율은 70.2%이지만 공공건축물(44.9%), 어항시설(67.4%), 폐기물매립시설(50.9%), 유기시설(16%) 등은 내진율이 상대적으로 낮은 실정
- 민간 건축물의 낮은 내진율: 동수기준 12.5%, 세대수 기준 48%에 그치고 있음. 특히 단독주택, 지진취약건축물의 경우 내진율이 극히 낮음
- 부실한 내진성능평가와 보강: 내진성능평가의 경우 해석 모델링과 비선형 해석 그리고 해석결과의 분석 등이 중요한데, 이를 담당하는 정밀안전진단업체들의 숙련도가 낮은 실정으로 해석 모델링과 보고서를 신뢰하기 어려움

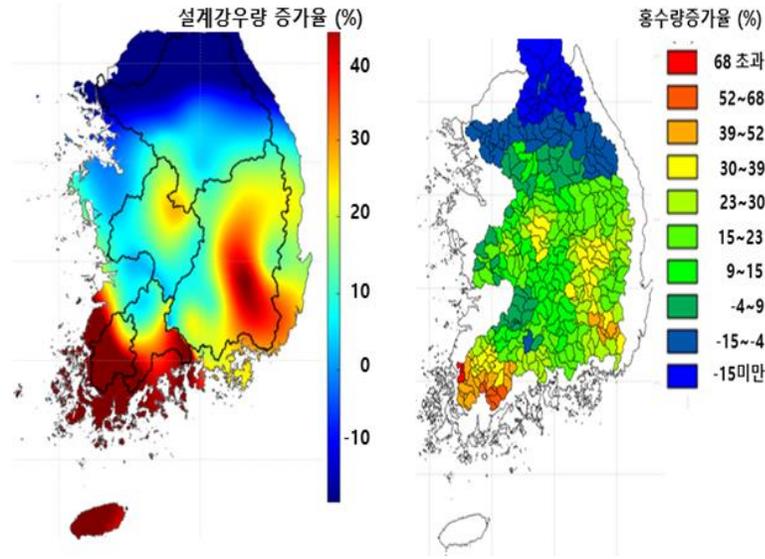
지구온난화로 인한 자연재난 및 인재에 따른 안전 및 경제적 피해 급증

기후변화로 자연재난의 강도가 급격히 증가

마이애미 사고 → 아파트 보험회사 천문학적 피해 배상 부담



<슈퍼태풍 노출빈도 예측>



<2050년 설계 강수량 및 홍수량 증가율 전망>



<마이애미 건물붕괴(좌) 및 여수산단 폭발사고(우)>

- 2022년 4월, Science Advances 논문에 따르면, 한반도 **슈퍼태풍 노출빈도가 과거 대비 935% 증가** 예상(전세계 4위에 해당)
- 2020년 9월, 환경부에 따르면 **2050년 홍수 규모 최대 50% 증가** 예상 ▶ 2022년 10월, 건축구조기준 KDS 41 12 00 건축물 설계하중에 **홍수하중 신설**
- 98명 숨진 마이애미 건물붕괴사고로 **유족들 1조 3천억원 보상 합의** ▶ **보험 없이는 대응 어려움**
- 2017~2021년, 여수산단에서는 폭발사고를 포함 **16건의 대형사고**가 발생하여, **8명 사망, 재산피해는 9억 4천만원**으로 집계

자연재난 및 인재에 대한 피해보상 및 배상제도 부족

손해율이 작은 인적재난에만 보험가입 의무화



재난배상책임보험이란?

「재난 및 안전관리 기본법령」 개정에 따라 '17.1.8 부터 시행중인 보험으로, 15층 이하 아파트의 화재, 폭발, 붕괴로 인한 타인의 신체 또는 재산피해를 보상합니다.



1인당 1억 5천만원 까지
1사고당 10억원 까지 보장

- 1가구 면적 100㎡기준, 세대당 연간보험료 920원
- 1가구 면적 165㎡기준, 세대당 연간보험료 1,530원
- * 단, 보험료는 각 보험사가 운영하는 특약에 따라 달라질 수 있음
- 아파트 거주민 및 방문객 등

제3자 인명피해는 1인당 1억 5천만원 까지 (사고당무한)

제3자 재산피해는 1사고 당 10억원 까지 보장

* 원인불명의 화재, 폭발, 붕괴 손해도 보장

아파트 202호에서 화재가 발생하여 다른 층(호)에 인명 및 재산피해가 발생했을 경우 보상

* 공동시설(보일러실 등)에서 발생한 사고 포함

<2017년 인적재난배상 의무보험 시행>

□ 15층 이하 아파트는 '재난배상책임보험', 16층 이상 아파트는 '화재로 인한 재해보상과 보험가입에 관한 법률'에 따라 인적재난(화재, 폭발, 붕괴)으로 인한 제3자(주거인 또는 방문객) 피해에 대한 배상지원을 목표로 보험가입을 의무화

- 단, 지진·홍수·해일 등 자연재난으로 인한 피해는 보상하지 않음

□ 지진, 태풍 등과 같은 자연재해에 대한 피해복구대책으로 '풍수해보험' 등이 제도적으로 지원되고 있지만 보험료 산정, 보험금 중복지급 불가, 다른 정책보험에 비해 좁은 보상범위 등 많은 문제점이 있어 가입률 저조

- 특히, 자연재해에 대한 피해규모가 크지 않은 주택 및 온실에 대해 한정적으로 가입 가능

재난배상책임보험 대상시설 확대



<2020년 인적재난배상 의무보험가입대상 확대>

시사점

- 자동차 보험과 같이 건물에 대한 보험 의무화 필요
- 미국, 일본 등 선진국에서는 화재, 지진 등에 대해 보험 의무화
- 보험은 부동산가치 평가의 기초 자료로 사용되고 정보공개가 됨

미국의 인프라 노후화 및 대응전략

- 미국 주요기반시설의 평균나이는 기대수명에 육박할 만큼 시설 노후화에 따른 재난피해가 불가피함
- 2021년 미국 토목학회 보고에 따르면 미국의 기간시설 성적은 C-로 노후화에 따른 중대한 결함이 있다고 평가

<미국 사회기반시설 공항, 교량 등 16종 평균 안전등급 추이>

	1998	1998	2001	2005	2009	2013	2017	2021
전체 평균	C	D	D+	D	D	D	D+	C-

REF: 미국 토목공학회(ASCE)

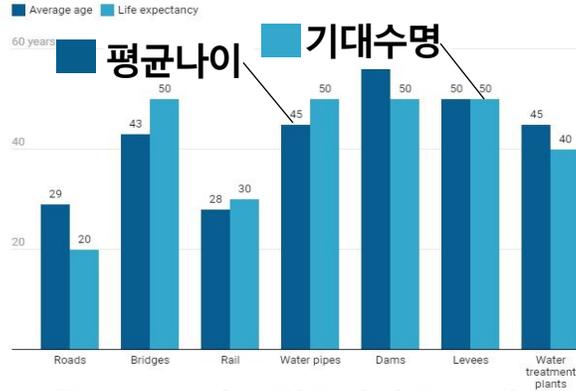
- 안전등급 B를 위해 2029년까지 필요한 인프라 투자 비용은 총 **5조 9천억 달러로 추산되며**, 실제 투자비용을 제외한 부족분은 **2조 6천억 달러에 달함**

- 국민의료 보험료보다 노후화된 인프라의 건강성을 회복하는데 더 많은 비용을 지불할 수 밖에 없는 환경
- 선진국조차 노후 인프라 개선에 어려움을 겪고 있는데, 우리나라는 인프라 투자(GDP 대비 SOC 자본스톡)가 선진국에 비해 5%p 낮은 수준

REF: 한국건설산업연구원(2018)

Average age and life expectancy of US infrastructure

Across the U.S., the average age of roads, dams and water treatment plants is beyond the average life expectancy. Communities are experiencing the consequences.

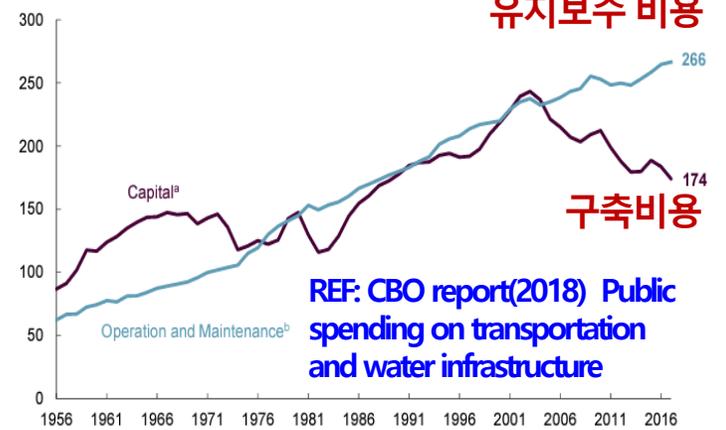


<미국 인프라 시설 평균나이 및 기대수명>

(미국 대응 전략)

- 시설구축보다는 **유지보수 중심**의 인프라 투자 전략
 - 이로 인하여, 새로운 미래 인프라 구축비용이 부족한 실정
- 국가/지자체 단위 인프라평가보고서의 주기적인 발행 및 성능평가 기반의 인프라 자산관리 개념 도입
- 다양한 노후 인프라 성능개선 정책 추진
 - 2012년, 340억 달러 규모의 민자 투자 유치(MFA)
 - 2016~2020년, 약 3,060억 달러 규모의 육상교통시설 성능개선 투자계획
 - 2021년, 노후 인프라 개선을 위한 1조 2천억 달러 인프라 예산법 시행

Billions of 2017 Dollars



<미국 인프라 구축 및 유지보수 공공지출 비용>

REF: CBO report(2018) Public spending on transportation and water infrastructure

국내 시설물 노후화에 따른 안전진단 중요성 증가

□ 조적조 및 콘크리트 노후건물 붕괴사고 증가



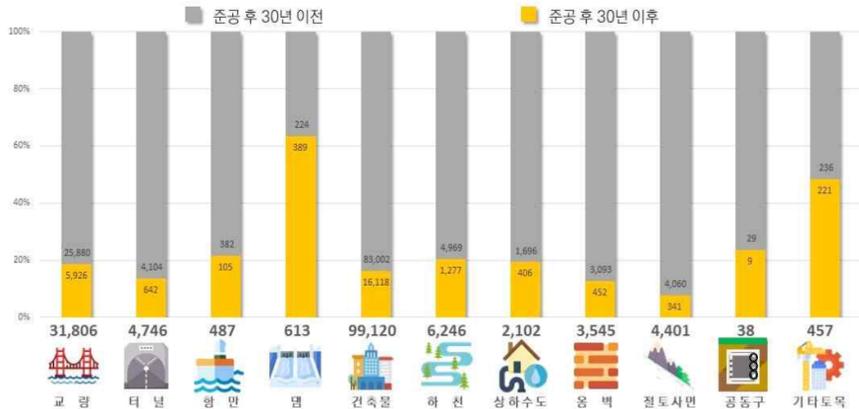
<부산 집중호우로 노후주택 3채 붕괴, 2019>



<용산 50년 지난 4층 건물 붕괴, 2018>

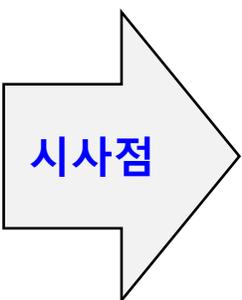
□ 국내 기반시설(교량, 터널, 항만, 댐 등) 노후화

2.5배 급증 10년 이내 30년 이상 기반시설은 2.5배 이상 급증
- 16.86%(25,886) → 43.28%(66,463)



※ 출처: 시설물 통계 연보(국토안전관리원, 2021)

- 건축물과 인프라의 노후화로 안전진단 중요성 증가
- 기존 현장 안전진단은 육안에 의한 외관조사에 기반
 - 점검자의 주관적 판단이 개입되어 평가결과의 객관성 저하
 - 민간주체 안전진단이 증가함에 따라, 프로세스의 미정립으로 재작업 시간 및 비용 소요, 평가결과의 신뢰성 문제 우려



- 1996년부터 대형건축물에 대한 안전진단이 의무화 되어 있으나 형식적인 절차에 그침(1종, 2종 시설물은 효과있으나 진단항목 재정비 필요)
- 향후 노후화에 대비하여 정밀하고 경제적인 방법이 필요

층간소음으로 인한 사회적 갈등 고조 및 공동주택 층간소음 규제강화



REF: 층간소음 이웃사이센터

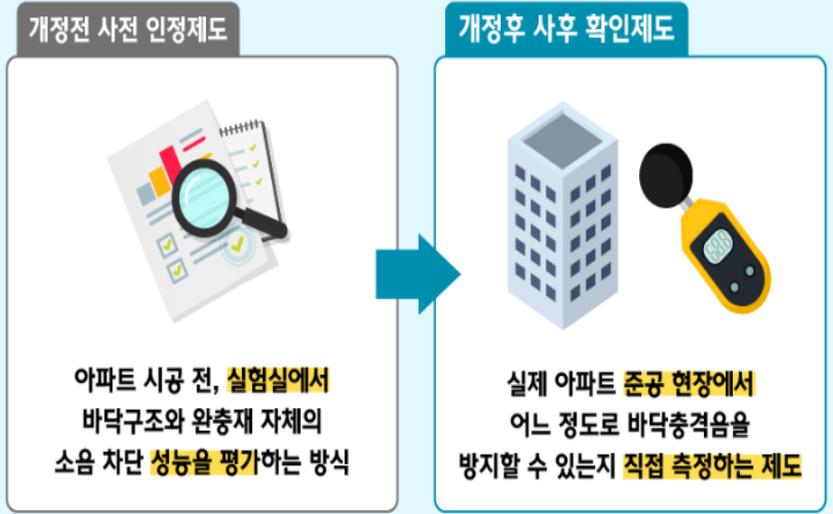
공동주택 층간소음 판단기준 강화

단위: dB

층간소음 구분 및 기준	2005년 6월 이후 사업승인 주택	
	주간 (오전6시~오후10시)	야간 (오후10시~오전6시)
직접충격소음		
1분간 등가소음도	43-39	38-34
최고소음도	57	52
공기전달소음		
5분간 등가소음도	45	40

등가소음도: 일정 시간 발생한 변동 소음의 크기를 비교해 정상소음으로 전환해
 등가소음도: 산출하는 소음의 정도

예외 2005년 6월 이전 주택 2024년까지 +5dB까지, 이후 +2dB까지 허용



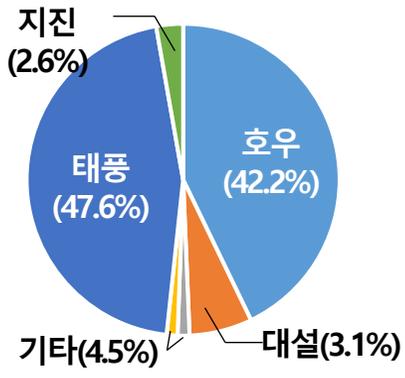
- 국토교통부, 한국환경공단(2021)에 따르면 층간소음 민원은 2019년 대비 약 **2배** 증가
- 2022년 8월, 국토교통부 및 환경부는 **신축·노후 공동주택 층간소음 판단기준 강화 개정안** 발표. **성능등급 인정기준 강화**
- 아파트 준공 후 현장에서 층간소음성능 확인하는 **사후확인제도 시행**
 - 바닥충격음 차단 구조성능기준이 상향됨에 따라, 현재 기업주도형 첨단 층간소음저감기술은 1등급 기준에 미치지 못함
- 2023년 12월, 국토교통부 "**층간소음 해소방안**" 발표
 - 신축 공동주택 소음기준 미달 시 **준공승인 불허**
 - 바닥방음 관련 기축 공동주택 **용자지원 및 재정정보조 전환도 검토**
 - LH 층간소음 1등급 주택 공급 선도(37 dB 이하). 바닥슬래브 두께를 210 mm에서 250 mm로 **상향**
 - **보완시공 의무화 및 손해배상시 정보공개(주택법) 등 법률 개정 입법화 추진**

지진, 호우, 화재, 태풍 등 재난에 대한 안전 확보

재난에 따른 재산·인명 피해 및 사용자 불안 해소 필요

- 행정안전부 재해연보(2021)에 따르면 최근 10년간(2012~2021) 지진, 호우, 태풍 등으로 인하여 연평균 약 3조 7천억 원에 가까운 피해를 입었으며, 태풍과 호우에 따른 피해가 80% 이상임
- 행정안전부(2021)에 따르면 2017년 포항지진으로 인하여 연간 전체 피해액의 45%의 피해가 발생함. 또한 집중호우 다음으로 큰 복구액(전체의 36%)이 투입됨

<12~21년(10년) 자연재해 원인별 현황>



REF: 행정안전부(2021). 도표로 보는 자연재해 주요현황. 2017 재해연보

REF: 대한건축학회(2019). 국가 내진 종합대책 마련을 위한 연구 총괄보고서: 국토교통부

<2017년 재산피해 현황>(백만원)

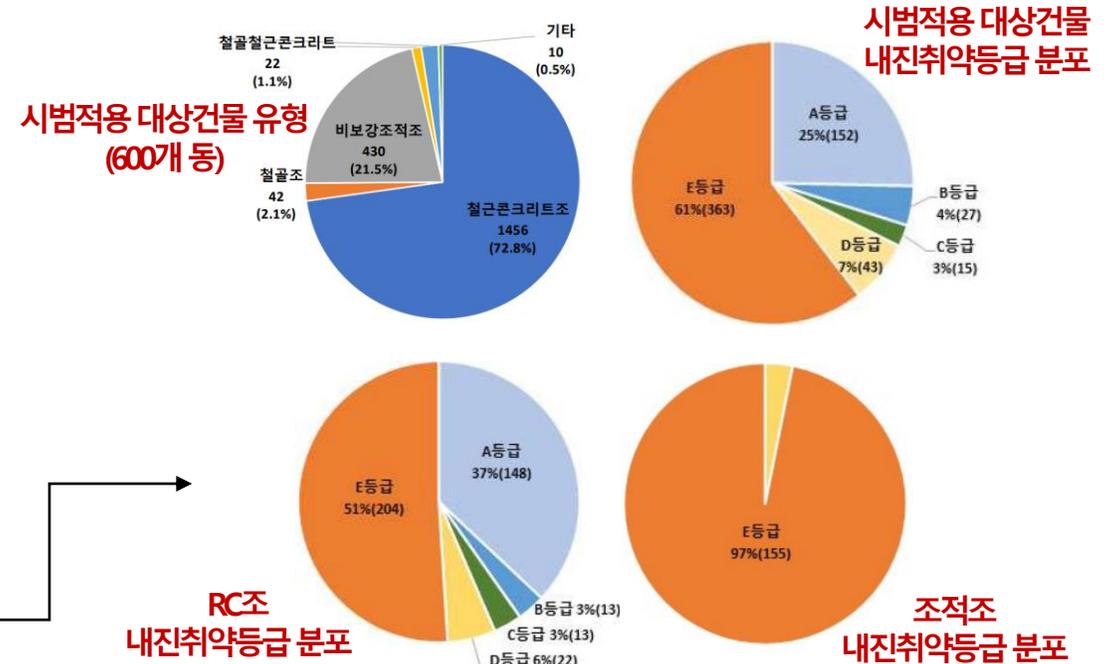
구분	계	호우	지진	기타
피해액	187,302	101,593	85,022	687
비율(%)	100	54.2	45.4	0.4

<2017년 복구비 현황>(백만원)

구분	계	호우	지진	기타
피해액	499,672	257,508	180,023	62,141
비율(%)	100	51.6	36	12.4

지진 피해 최소화 및 안전을 위한 선제적 대응 필요

- 국토교통부 내진종합대책(2018)에 따르면 민간건축물 구조 형식은 조적구조가 36.2%로 가장 많으며, RC구조가 24.3%로 2번째임
- 국토교통부 선정 건물 중 내진취약등급 E등급(붕괴)이 약 61%를 차지하며 특히, 조적조는 약 97%, RC조는 50%가 E등급(붕괴)으로 나타났으며 지진 발생 시 큰 피해가 우려됨



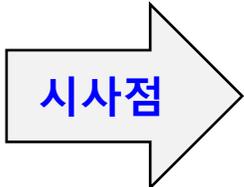
민간 시설물 내진율 향상 지원 및 정책

민간건축물 내진보강 활성화/표준화

- 학교시설 등 공공시설물에 대한 내진보강은 공법의 설계 및 시공, 공사비 등에 대한 **표준화**가 최소한 이루어진 상태
- 반면 **민간건축물은 실적도 미미**할 뿐 아니라, **지침이나 매뉴얼 없이** 보강설계 및 시공 주체에 따라 **여러가지 공법이 난립**하는 문제점 제기



<학교시설 내진성능 평가 및 보강 매뉴얼>



- **민간건축물 내진보강 표준화 필요**
- **내진취약 소규모 · 노후 건물에 대해 체계적이고 선제적인 내진화 전략 필요**

민간건축물 내진화 전략 필요

- **국내의 평가지침들은 법적 효력이 없고**, 평가자들이 자의적으로 여러 지침을 혼용함. 각 지침의 내진성능수준이 다르므로, 성능평가결과에 대한 신뢰성 부재
 - 미국, 유럽, 일본은 법적지위를 지니거나 또는 통일된 내진성능 평가·보강지침을 제공(미국: ASCE 41/유럽: Eurocode 8 part 3/일본: 내진진단기준)
 - **일본이나 미국 서부지역은 내진진단 후 보강을 의무화하는 반면, 국내 민간건축물은 내진보강 의무화 제도가 없음(권고사항)** [시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제 12조]
 - 정부에서 민간건축물 내진화 유도를 위한 세금 감면, 보험료 할인 등 **인센티브제를 운영하고 있지만 그 실적은 미비**
- 그 결과, 공공시설물 내진율 70.2%/민간건축물 내진율 13.1%**

REF: 허영 의원, 국토교통위(2021년 8월)

공공 시설 대형복합재난에 대한 안전 및 피해대책 확보

기후변화에 대한 기간시설의 신속대응 및 피해 대책 확보 필요

□ 대형자연재난에 의해 인적재난 및 사회적 재난 등이 복합적으로 연계되어 발생하는 **대형복합재난 발생 증가**

- 동일본 대지진(11.03) → 쓰나미 → 후쿠시마 원전 사고 → 방사능 누출에 의한 생태계 영향, 전력 부족, 각종 경제적 피해 양산(**사고 수습비용 약 230조 원**)

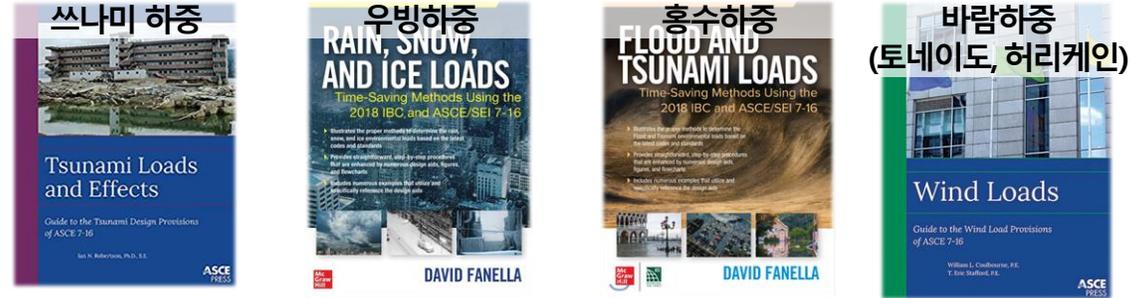


<동일본대지진에 의한 대형 복합재난 확산과정>

□ **대형 SOC 인프라/대형복합 건축물의 확대** 등은 대규모 자연 재해와 인위적(사회적) 재해가 연계된 **복합적 연쇄재난에 구조적으로 취약하며** 피해규모에 따라 **사회전반에 이르는 막대한 비용을 유발**할 수 있음

□ **기후변화에 의한 대형자연재난 발생**은 사회적 문제로 대두 되었으나, 효율적 대응 및 관리를 위한 제도 및 학술적 기반은 미흡 (**21 서울대학교**) → **대형태풍, 국지적 폭우, 지진 등**

□ 현재 미국(ASCE 7-22)은 기후변화로 인해 대형화 및 다변화되는 재난에 대응하고자 **구조물의 특수설계하중 종류를 세분하여 정의** → **토네이도, 허리케인, 쓰나미, 우빙, 홍수하중 등**



□ 재난피해규모가 큰 **공공민간시설**에 대한 자연 재난 복구 및 배상 **보험가입 의무화** 또는 **실효성 있는 인센티브 부여**를 통한 **보험 가입 유도정책 필요**

REF: 강준석 외(2021) 재난 대응 및 복구 지원을 위한 급속 손상도 평가 및 의사결정 시스템 개발

자연재해 대응 및 수요자 사용성을 위한 재난관리 및 제도의 선제적 개선 필요

자연재해 대응 시설물 방재력 강화 대책-해외사례

구분	인증제도	특성	시사점
미국	RELi 2.0 Rating guidelines for resilient design and construction	<ul style="list-style-type: none"> 화재, 홍수, 허리케인, 토네이도, 지진 등 다양한 유형의 재난을 설계 및 시공 시 고려함 연방 및 주 정부에서 발행된 지침과 밀접하게 연관됨 	<ul style="list-style-type: none"> 공동주택의 거주자 및 인근 지역 주민들을 보호하기 위해 방재력을 기반으로 자연재해 및 자원고갈과 건물, 주택, 커뮤니티, 인프라에 대한 위기상황에서 피해를 완화하기 위한 설계 및 시공 시 인증기준을 제시함
영국	Housing Health and Safety Rating System: HHSRS	<ul style="list-style-type: none"> 화재, 폭발, 구조물 붕괴, 낙하 등 사회재난에 대한 세부적인 기준을 마련함 	<ul style="list-style-type: none"> 영국의 주택법(Housing Act 2004)을 기반으로 모든 주거시설을 위협하지 않은 재료로 설계, 시공, 유지 관리하여 거주자와 방문객에게 안전하고 건강한 환경을 제공함
일본	방재력 강화 아파트 인증 제도	<ul style="list-style-type: none"> 신축건물에 대한 인증 뿐만 아니라, 기존에 건축된 공동주택의 방재력 강화를 위해 방재활동, 생활지원, 방재물품 등에 대한 지침을 제시함 	<ul style="list-style-type: none"> 신축건물 뿐만 아니라 기존 건축물 까지 설비 및 공간계획, 설계, 건설 성능 평가를 수행함으로써 전 범위 건축물의 방재력을 향상시킴

시사점

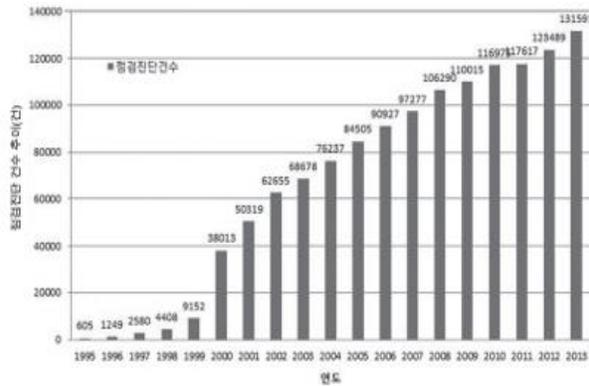
- 우리나라의 경우, **지역특성에 적합한 특화된 재난관리 필요**
- 예시)
- ❖ 해안지역, 경사지주택가지역
 - 호우 및 침수피해 관리
 - ❖ 남동부(경주 포항)
 - 지진안전관리
 - ❖ 산간지방
 - 산사태피해 관리
 - ❖ 해안주택지
 - 태풍, 연약지반관리
 - ❖ 도심지역
 - 북핵/지역분쟁대비 방호시설

첨단 안전진단기술 필요성 증대

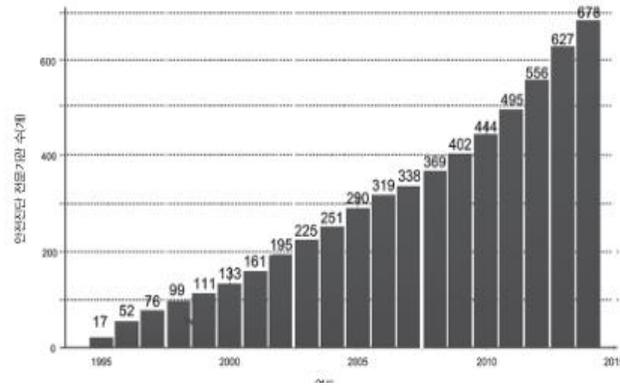
시설물 안전 및 유지관리를 위한 첨단 안전진단 기술력 확보 필요

- 시설물 노후화로 유지관리 경제적 부담이 가중되므로, ICT 기술 기반의 **과학적 유지관리기법 개발 필요**
- 건축물 안전진단/유지관리 시장은 실시간 계측기반으로 확대 전망되나, **국내기술력은 영세한 수준으로 기술의 첨단화가 필요**
- 유지관리 시장의 규모와 업체는 지속적으로 증가하고 있으나, 과학적 유지관리 기법의 적용, 관련 기술자 및 전문가의 양성 등 **질적 성장을 위한 노력은 미흡한 실정**

- 건축물 안전 및 유지관리를 위한 정부의 정책제도 수립에 직접 기여하는 **선제대응형 첨단기술 개발의 추진 필요**
- **우리나라의 유지관리 투자는** 신규건설의 약 8% 수준으로 **주요 선진국의 1/7~1/3 수준**에 불과(국토교통부, 2016)
- 미국, EU, 일본 등의 선진국의 경우 **ICT를 융합한 건축물 안전진단 및 유지관리 분야**에 국가차원의 관심과 투자를 추진하여, **우리나라와 세계 최고국 간 기술격차는 4.3년**



<시설물 안전진단 건수 증가 추이>



<안전진단 전문기관 증가 추이>

REF: 윤태국(2016) 국내시설물 유지관리 현황변화를 고려한 기업의 대처방안

국별	이탈리아	영국	독일	일본	미국	프랑스	한국	포르투갈
투자비율	57.2%	38.0%	26.0%	21.7%	15.8%	10.0%	8.0%	6.0%

<주요선진국 건설투자 중 유지관리투자의 비중>

<지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준>

국가	미국	EU	일본	한국	중국	세계 최고국 기술격차
기술수준	71.1%	70.9%	68.2%	54.2%	45.4%	4.3년

주: 국가과학기술위원회, 국가 R&D 기술산업정보서비스에서 발췌(2010년), 논문-특허분석 및 델파이조사기반

<지능형 시설물 안전 및 유지관리 기술수준>

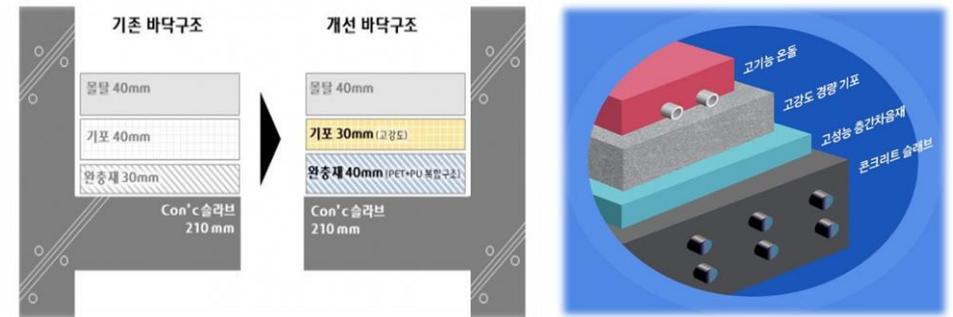
REF: 건설기술정책연구원(2016) 건축물 실시간 안전진단을 위한 ICT기반 핵심기술기획연구

기존 공동주택 층간소음 해결 및 R&D 활성화를 위한 제도개선 필요

층간소음 저감 R&D 활성화 및 관련제도 개선 필요

- 사후확인제도는 2020년 8월 이후 사업계획승인을 신청하는 '신축 공동주택'부터 적용되므로 기존 공동주택을 위한 층간소음 해결방법은 마련되지 않음
 - 현 기업주도형 첨단 층간소음 저감기술은 신축건물에 한정되므로 기존 공동주택의 층간소음 성능보강을 위한 정부주도형 R&D 확대 및 관련제도의 도입 필요
- 신축건물 준공시 층간소음 기준치를 충족하지 못한다고 해서 페널티도 없을 뿐더러 시공 보완할 의무가 없어 층간소음 기준강화의 실효성이 낮아질 우려
 - 페널티 강화 등 실질적 층간소음 성능확보를 위한 제도개선과 동시에 기업들의 기술 개발비 부담 완화 및 지속적 R&D 활성화를 위한 인센티브제 개선 필요
- 현행 제도는 슬래브 두께 규정 강화로 주로 대응 (1999년) 120 mm →(현행) 210 mm →(검토) 300 mm 시 용적률 완화

- 층간소음 근본적 해소를 위한 소재/설계분야 관련기술 개발 필요
- 슬래브 두께 상향은 공사비증가 및 자원낭비 등 탄소중립정책에 역행하며 실효적인 방법이 아님
- 완충재 등 층간소음 관련 소재의 개발 뿐 아니라, 콘크리트 구조체의 진동이론, 실내 소음확산 등 층간소음의 복합적 메커니즘을 고려하여 층간소음 저감형 바닥구조 개발 및 고급 시뮬레이션/설계기술의 개발이 병행되어야 함



REF: 김진수(2021년 05월 21일), H건설, '층간소음 혁신저감 시스템' 개발해 건설사 처음 현장 인정서 받아. 한국경제

시설물 방재능력 향상 및 사용자 만족도 향상

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 민간건축물/지진취약 건축물의 **내진율 향상** 필요
현재 공공시설물 내진율 70.2% | **민간건축물 내진율 13.1%**
- ❖ 온난화에 의한 **기후변화 대응** 설계 및 시공기술 부재
- ❖ **대형공공시설의 복합재난피해**를 고려한 시설물 설계 및 시공기술 부재
- ❖ 층간소음 분쟁 심화 및 기존 공동주택 **층간소음 해결 방안 부재**
- ❖ **노후시설물의 붕괴위험 감지기술 필요**. 현재 외관조사 중심의 실효성 없는 구조물 안전진단

세부 목표

시설물 방재능력 향상

- ❖ 공공·민간시설물 **내진율 향상(70%)** 및 **내진보강 로드맵**
- ❖ 기후변화 대응 시설물 **방재성능 개선기술** 및 **복구대책**
- ❖ 북핵, 지역분쟁에 대비한 **민간방호 시설구축**

사용자 만족도 향상

- ❖ 층간소음 **저감기술** 개발 및 **제도 개선**
- ❖ 공간가변형 장수명 주택 개발 보급
- ❖ 노후시설 붕괴예방 **모니터링기술/시설개선수명연장 리모델링 기술**

재난대응 기술의 첨단화/사용성 향상기술

세부목표 1	세부목표 2	세부목표 3	세부목표 4
<p>공공 및 민간시설물 내진성능/내진율 향상</p>	<p>기후변화 및 지역분쟁 대비 시설물 방재성능 향상기술 및 복구대책</p>	<p>건축물 사용성향상기술 (층간소음, 장수명주택)</p>	<p>노후시설 붕괴예방 모니터링/리모델링 기술</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 내진율 향상 로드맵 구축 • 내진보강 기술향상 및 표준화 • 민간 건축물 내진율 상향 정책 (재개발/재건축/리모델링) 	<ul style="list-style-type: none"> • AI기반 실시간 콘크리트 모니터링 시스템 • 기후변화/지역특성 고려 구조물 설계/재료기술 • 자연재난피해 복구대책 • 지역분쟁대비 민간 방호시설 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 층간소음 저감형 마감재료 및 뜬 바닥 구조 설계기술 • 층간소음 1등급 바닥구조 제도/정책 • 공간가변형 장수명 공동주택 기술 개발 보급 	<ul style="list-style-type: none"> • 드론/로봇/ICT 기술을 통한 안전진단 모니터링 기술 • 구조물 상시 유지관리 무인화 기술 개발 • 시설개선/수명연장을 위한 리모델링 요소기술/설계기술 개발

시설물 방재능력 및 사용자만족도 향상

민간시설물 내진율 70% 달성

복합재난 대응 대규모피해예방
 복핵/지역분쟁대비 국민보호
 방호시설 구축

층간소음 난제 해소

노후시설물 붕괴예방모니터링 기술
 수명연장/시설개선 리모델링 기술

세부목표 1) 공공 및 민간 시설물 내진율 향상과 내진보강 로드맵

내진보강 표준화 및 로드맵

선진국 내진율 수준
일본: 2013년 기준 주택 82%,
다수 이용 건축물 85%

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 공공시설물 내진율 70.2%, 민간건축물 내진율 13.1%
- ❖ 공공시설물에 내진보강이 집중되고 있는 상황
- ❖ 민간건축물의 경우, 내진보강 의무화제도가 없으며 표준지침도 부재

비전

- ❖ 재건축, 리모델링 활성화를 통한 민간건축물 내진율 향상
- ❖ 공공시설물 내진율 100%/민간시설물 내진율 70% 달성
- ❖ 지진안전에 대한 인식 전환 및 사용자 불안감 해소

중점추진사항

[내진성능평가 및 보강기술 고도화]

- ❖ 내진보강 대상 건축물 판정법 제안
 - 저비용 내진보강 필요여부 판단방법 제공 및 편의성 제고
- ❖ 맞춤형 내진보강 기술축적 및 개발 지속추진
 - 내진보강 사각지대 최소화를 위해 비보강 조적조 건축물 등의 보강기술과 저비용 보강공법 지속개발

[선진국 수준 내진보강체계 구축]

- ❖ 시설물별 표준 내진보강 설계 및 보강공법 표준지침 개발
 - 보강업체마다 상이한 기술수준 및 공사비 표준화를 통한 내진보강신뢰성 및 경제성 확보



세부목표 1) 공공 및 민간 시설물 내진을 향상과 내진보강 로드맵

지진취약 민간 건물 특별 관리 대책

현황 및 사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 공공시설물 내진율 70.2%, 민간건축물 내진율 13.1% ❖ 공공시설물에 내진보강이 집중되고 있는 상황 ❖ 민간건축물의 경우, 내진보강 의무화제도가 없으며 표준지침도 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 재건축, 리모델링 활성화를 통한 민간건축물 내진율 향상 ❖ 공공시설물 내진율 100% 달성/민간시설물 내진율 70% 달성 ❖ 지진안전에 대한 인식 전환 및 사용자 불안감 해소

중점추진사항

- | | |
|---|--|
| <p>[주요 취약 민간건축물]</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 저층 필로티 건물, 비내진설계 노후아파트, 비보강 조적 및 노후 RC구조에 대한 특별지진안전관리 대책 필요 ❖ 비보강 조적 및 RC조 내진성능 개선 <ul style="list-style-type: none"> • 저비용 고효율 내진설계 및 시공기술 개발 • 구조물 잔존수명을 고려한 내진설계기준 완화적용성 검증 ❖ 저층 필로티 건물 내진품질 향상 <ul style="list-style-type: none"> • 시공성이 우수한 내진보강 및 설계기술 개발 • 지진 취약 전이층에 대한 특별구조감리대책 마련 | <ul style="list-style-type: none"> ❖ 노후건물 특별관리대책 <ul style="list-style-type: none"> • 노후건축물(30년 이상) 비율은 2017년 36.5%에서 2018년 37.1%, 2019년 37.8%, 2021년 38.8% 등 매년 상승 • 노후건축물 의무안전점검 대상 확대(현재는 30년 이상 건축물 중 조례로 정한 것에 한해서만 구조 및 화재안전 점검 실시) • 내진취약 소규모 노후건물에 대한 잔존수명 등 상세한 실태조사 (현재 지자체별 소규모 노후건물 기준이 상이하여 정확한 현황파악 불가) • 건물주-관리주체 협의 필요시 붕괴우려 민간건축물 수선 및 철거 • 정부차원의 내진보강 지원제도 확충 및 선제적 내진성능확보전략 수립 • <중장기 대책> 특히, 소규모건축물의 경우에도 재건축, 리모델링 시 내진설계의무를 조건으로 층수, 용적률 인센티브제도 시행 |
|---|--|

세부목표 1) 공공 및 민간 시설물 내진율 향상과 내진보강 로드맵

재개발, 재건축, 리모델링 활성화를 통한 민간건축물 내진율 향상

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 공공시설물 내진율 70.2%, 민간건축물 내진율 13.1%
- ❖ 공공시설물에 내진보강이 집중되고 있는 상황
- ❖ 민간건축물의 경우, 내진보강 의무화제도가 없으며 표준지침도 부재



비전

- ❖ 재건축, 리모델링 활성화를 통한 민간건축물 내진율 향상
- ❖ 공공시설물 내진율 100% 달성/민간시설물 내진율 70% 달성
- ❖ 지진안전에 대한 인식 전환 및 사용자 불안감 해소

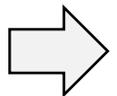
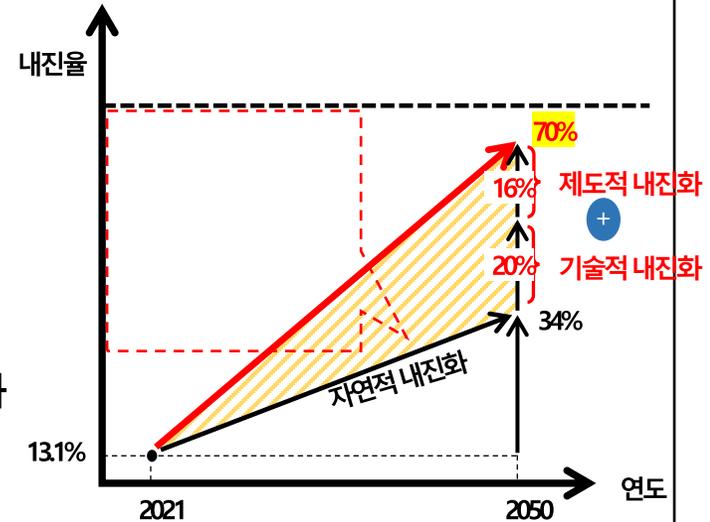
중점추진사항

❖ 재개발, 재건축, 리모델링을 통한 자연 내진율 증가 가능

- 내진율이 저조한 저층주택지역 재개발을 통한 행정구역 내 건물 및 기반시설 all-in-one 내진화 추진
- 증축 설계 및 공법의 고도화를 통해 수평 및 수직 증축 규제조건 완화
- 재건축 및 리모델링 특성에 맞는 내진보강 설계 및 공법 표준화
- 재건축, 리모델링, 내진보강 관련 신기술 인증활성화를 위한 안전성 검증 및 인증기관 육성



수직증축 및 수평증축 규제완화



실효성 없는 기존 건물의 지원정책보다는 재건축이나 리모델링을 유도 (생활환경개선+내진성능확보)

세부목표 2) 기후변화 및 지역특성을 고려한 시설물 방재성능 개선기술 및 복구대책

구조물 안전진단 자동화를 위한 스마트 콘크리트 기술

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 안전진단을 위해 육안 외관조사만 가능한 콘크리트 재료기술
- ❖ 기후변화로 인해 강화된 자연재난에 대비한 콘크리트 설계기술 필요
- ❖ 지역특성을 고려한 특화된 재난관리기술 필요

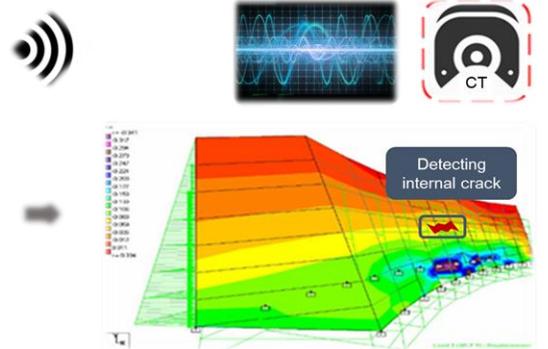
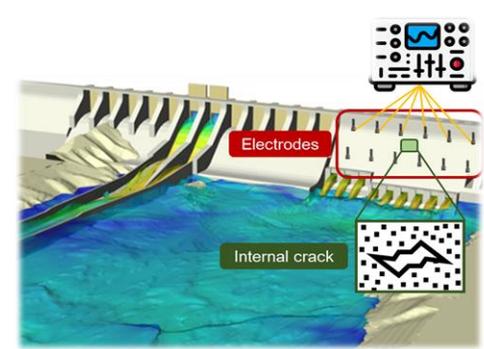
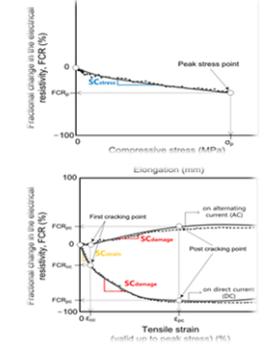
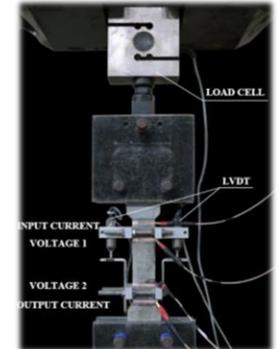
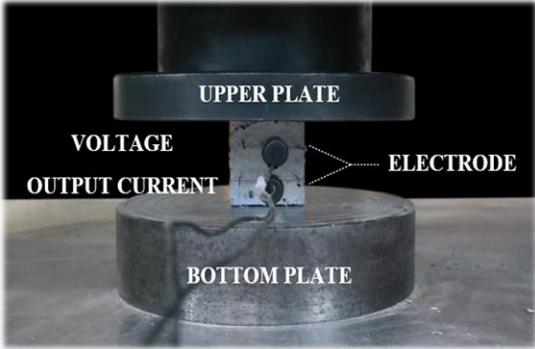


비전

- ❖ 내부 손상상태 감지가 가능한 스마트 콘크리트 재료기술 실용화
- ❖ 시설물 성능향상을 통한 안전성 향상 및 수명연장
- ❖ 자연재난 피해 최소화를 통한 사용자 만족도 향상

중점추진사항

- ❖ 하중 및 변형률 변화에 따른 전기적 요소 변화가 극대화된 스마트 콘크리트 배합 개발
- ❖ 스마트 콘크리트의 전기적 요소 측정법 도출 및 친환경 스마트 콘크리트 환경계수 조사
- ❖ ERT(Electrical Resistance Tomography) 기술과 연계하여 구조물 내부 상태 이미지화를 통한 Macro 단위 상태평가
- ❖ <장기 대책> 인공지능 기반 안전진단 및 유지관리 무인화 기술 연계를 통한 실시간 콘크리트 모니터링 시스템 구축



세부목표 2) 기후변화 및 지역특성을 고려한 시설물 방재성능 개선기술 및 복구대책

기후변화 및 지역특성을 고려한 구조물 설계 및 재료기술

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 안전진단을 위해 육안 외관조사만 가능한 콘크리트 재료기술
- ❖ 기후변화로 인해 강화된 자연재난에 대비한 콘크리트 설계기술 필요
- ❖ 지역특성을 고려한 특화된 재난관리기술 필요

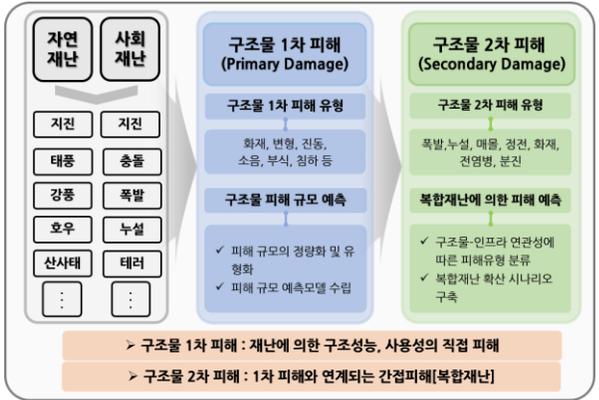
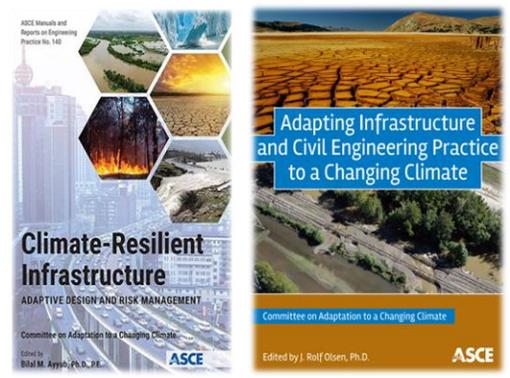


비전

- ❖ 내부 손상상태 감지가 가능한 스마트 콘크리트 재료기술 실용화
- ❖ 시설물 성능향상을 통한 안전성 향상 및 수명연장
- ❖ 자연재난 피해 최소화를 통한 사용자 만족도 향상

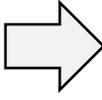
중점추진사항

- ##### [기후변화 대응 설계기술]
- ❖ 기후변화로 증대된 자연재난에 대응하기 위하여 재난특수하중을 정의하고 관련 매뉴얼 구축
 - 미국 ASCE에 신설된 허리케인, 우빙, 우박, 쓰나미 하중 벤치마킹
 - ❖ 태풍, 홍수, 침수, 산사태 등 특수하중에 대한 콘크리트 설계기술 확보 및 설계 가이드라인 구축
- ##### [지역특성에 특화된 재난관리대책]
- ❖ 지역별 자연환경 및 사회인프라를 고려한 특수재난관리방안 구축
 - 해안지역, 경사지주택가지역 - 호우 및 침수피해 관리
 - 남동부(경주 및 포항) - 지진 피해 관리
 - 산간지방 - 산사태 피해 관리/해안지역 - 태풍, 연약지반관리
 - 건물이 밀집한 도시지역 - 사회재난 및 복합재난 피해 관리



<미국토목학회 기후변화 관련 매뉴얼>

<도시지역 복합재난 피해예측 모델>



급변하는 기후변화 및 지역특성을 고려한 콘크리트 재료 및 설계 기술 확보

세부목표 2) 기후변화 및 지역특성을 고려한 시설물 방재성능 개선기술 및 복구대책

자연재난피해 복구대책

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 인적재난피해에 대한 복구 및 배상보험은 점진적 확대 및 의무화
- ❖ 단, 피해규모가 큰 지진 등 자연재난에 대한 복구 및 배상보험은 제한적

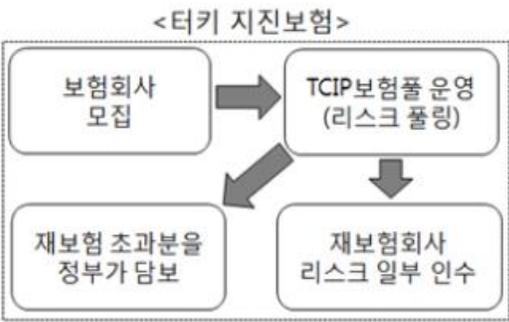
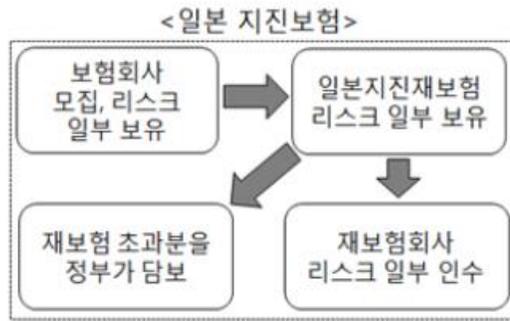
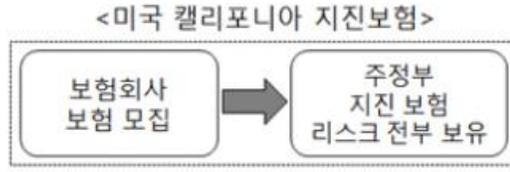


비전

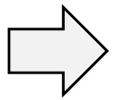
- ❖ 민간시설 자연재난 피해 복구 및 배상 보험가입 확대 및 의무화
- ❖ 재난피해를 입은 주요시설들에 대한 선제적 피해복구 지원

중점추진사항

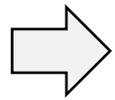
- ❖ 민간시설의 잔존수명, 재난예상피해규모, 구조성능 등에 따른 현실적 보험범위 및 한도 수립
- ❖ 공공성이 큰 건물과 수익창출이 큰 건물, 사회적 보호시설 및 임대건축물 등 자연재해로 인한 피해규모가 클 것으로 예상되는 민간시설에 대한 선제적 보험가입 의무화 정책 실시
- ❖ 의무보험가입대상에 해당되지 않는 민간시설들에 대해서는 실효성 있는 보험가입 유도정책 실시
- ❖ 재연재난시 막대한 보상금액을 조달하기 위한 정부 및 보험사의 효율적 자금운영정책 실시 및 보험리스크 관리방안 확보



◀ 미국, 일본, 터키의 지진보험 리스크 관리 현황
 REF: 최창희(2016) 한국의 지진 리스크 평가와 리스크 관리 개선 방안



공공성격의 민간건물-건물주 및 보험제도 소규모 민간건물-정부 및 지자체 관리



선진국 수준의 리스크 관리능력 확보

세부목표 2) 기후변화 및 지역특성을 고려한 시설물 방재성능 개선기술 및 복구대책

북핵 및 지역분쟁 대비 민간 방호시설 구축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 북핵 위협 및 지역분쟁 가능성 증가
- ❖ 100% 위협 해소는 불가능, 민간인들의 빠른 대피를 위한 시설구축 필요

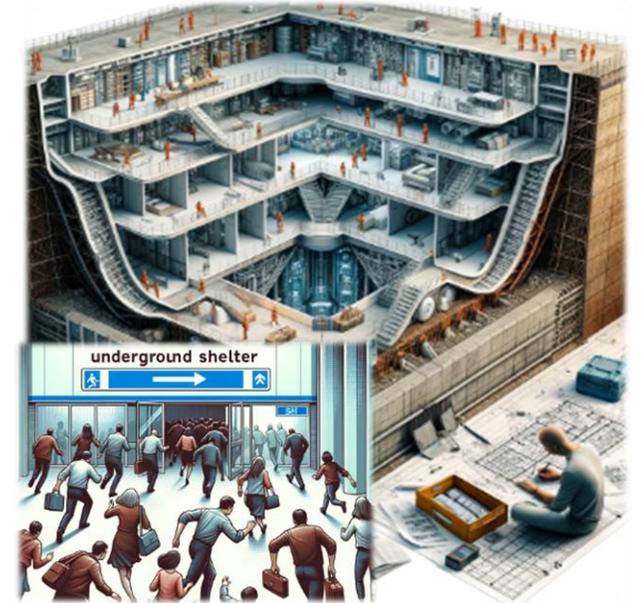


비전

- ❖ 빠른 시간 내 대피 가능하며, 수일간 거주 가능한 대피시설 구축
- ❖ 재건축, 리모델링 사업을 활용한 공동주택 지하 대피시설 구축

중점추진사항

- ❖ 재건축, 리모델링 사업 시, 지하 대피시설 설치 제도
 - 대피시설의 규모, 접근성, 내구성 등에 대한 표준 제시
 - 사업특성 별 대피시설 계획 및 공법 기준 수립
 - 대피시설 설치 시 재건축 리모델링 규정 완화 검토
- ❖ 민간 방호시설 구축 시 인센티브제도 실시
 - 세금감면, 보조금, 저리의 대출 등 재정적 인센티브
 - 대피시설 구축사업에 대해 건축허가절차 간소화
 - 인센티브제도 홍보를 통한 건축주 및 개발자 참여유도
- ❖ 방호시설 설계와 시공을 위한 지침 개발
 - 방호시설 기술 필터링 및 전문가 검증
 - 전문 교육 및 인증프로그램 운영



세부목표 3) 층간소음 저감/장수명 공동주택 보급

층간소음 저감기술

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 실험조건과 다른 현장에서 개발한 바닥구조 적용시 바닥충격음 저감 성능 확보 어려움
- ❖ 현재 업체 기술력은 강화된 바닥충격음 1등급 성능 확보 어려움



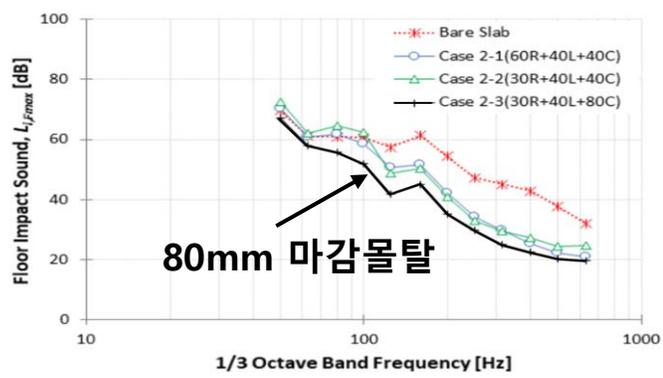
비전

- ❖ 공동주택의 음향 및 진동 특성을 고려한 마감재료 개발
- ❖ 구조음 전달과 완충재 특성을 고려한 바닥구조설계기술
- ❖ 층간소음 인증 및 모니터링 시스템 구축

중점추진사항

[재료기술] 층간소음 저감형 마감재료 개발

- ❖ 충격원에 직접적으로 저항하는 마감물탈의 강성과 비중을 증가시켜 몰탈 층 하부로 전달되는 충격력 저감
- ❖ 시멘트 페이스트와 고비중 재료를 혼합하거나 고비중/고강성 마감층을 결합하여 저주파 바닥충격음 저감에 효율적인 마감재료 개발



◀ 80 mm 마감몰탈 구조 바닥충격음 성능
 Ref 양홍석(2020) 공동주택 뜬 바닥 구조층 구성에 따른 바닥 충격음 차단성능 실험적 연구



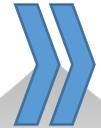
◀ 2중 마감몰탈 구조를 적용한 바닥구조
 Ref 대림산업(2020) Noise free 3-layer 바닥구조 시스템, 바닥 충격음 차단성능(현행 이전 기준) 1등급 인증서 획득

세부목표 3) 층간소음 저감/장수명 공동주택 보급

층간소음 저감기술

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 실험조건과 다른 현장에서 개발한 바닥구조 적용시 바닥충격음 저감 성능 확보 어려움
- ❖ 현재 업체기술력은 강화된 바닥충격음 1등급 성능 확보 어려움



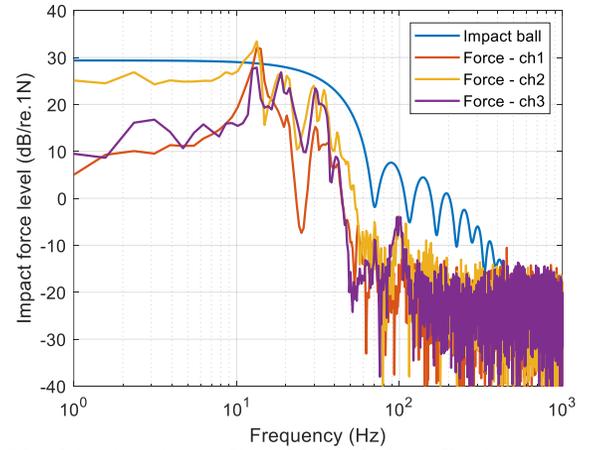
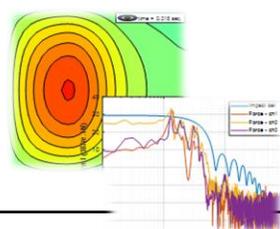
비전

- ❖ 공동주택의 음향 및 진동 특성을 고려한 마감재료 개발
- ❖ 구조음전달과 완충재 특성을 고려한 바닥구조 설계기술
- ❖ 층간소음 인증 및 모니터링 시스템 구축

중점추진사항

[바닥구조시스템기술] 완충재 충격력 전달특성 분석을 통한 뜬바닥구조 설계기술 개발

- ❖ 뜬바닥구조의 마감몰탈과 완충재를 통해 콘크리트 슬래브에 직접적으로 가해지는 충격력 특성을 분석하여 공동주택의 **중량충격음 저감**에 가장 효과적인 최적 완충재 선정
- ❖ 충격력 특성 및 바닥진동/바닥충격음 상관성을 고려한 **고급 시뮬레이션 및 설계기술**



완충재 충격력 평가를 통한 최적 완충재 설계기술 개발
 Ref: 문대호(2022) 진동 및 음향특성을 고려한 최적 인장바닥구조의 공동주택 적용

세부목표 3) 층간소음 저감/장수명 공동주택 보급

전 공동주택 층간소음 해소를 위한 R&D 확충 및 제도

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 기존 기업주도형 층간소음 저감기술은 신축건물에 한정
- ❖ 층간소음 저감을 위한 근본적 대책없이 기존 공동주택 층간소음 기준만 강화
- ❖ 신축 공동주택 사후확인제도의 실효성 우려 여전

비전

- ❖ 기존 공동주택 바닥구조특성을 고려한 **층간소음 성능보강공법 확보**
- ❖ 산업계·학계·정부 협력을 통한 **층간소음 저감기술과 관련 제도 및 기준의 유기적 상승관계 구축**
- ❖ **후분양제, 기동식 구조변경 등 거주민 만족도 향상 정책 수립**

중점추진사항

[층간소음에 대한 인증제도]

- ❖ 층간소음 취약 공동주택에 대한 선제적 성능보강 지원제도 확충
- ❖ 층간소음 저감기술 수준에 맞는 현실적 층간소음 기준 마련
- ❖ 층간소음 설계-시공-유지관리 통합 인증제도 구축
- ❖ 상시 층간소음 모니터링 시스템 구축 및 AI기반 유지관리 플랫폼 연계
- ❖ 층간소음등급 공개제도 실시

[후분양제 및 기존 공동주택 층간소음 성능향상 대책]

- ❖ 후분양제를 통한 사후확인제도의 실효성 확보
- ❖ 층간소음에 취약한 벽식구조 대신 기동식 구조로 구조변경 유도
- ❖ 기존 공동주택의 노후화 및 바닥구조특성에 따른 층간소음 성능보강 공법 개발 및 표준화

[슬래브 층간소음 검사 및 모니터링 예시]



3차원 레이저 스캐너를 이용한 슬래브 시공품질 검사



IoT기반 층간소음 상시모니터링 시스템 콘셉트

Ref: H건설 층간소음 신기술 Newsroom 자료

세부목표 4) 노후시설 모니터링/시설개선 리모델링 기술 개발 보급

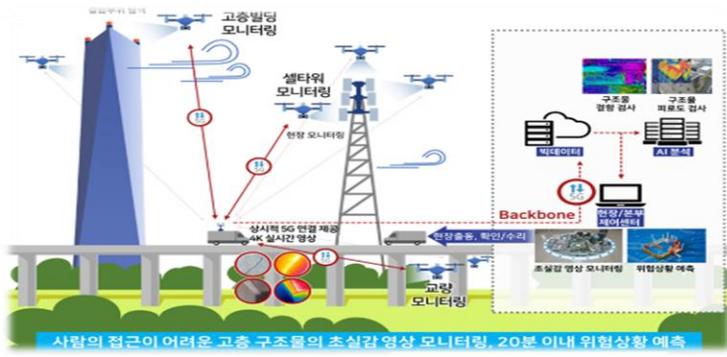
드론/로봇/ICT 기술을 활용한 콘크리트 시설물의 안전진단 및 유지보수 기술

현황 및 사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 육안 외관조사에 의존하는 구조물 상태평가(초고층 건축물 등에만 첨단기술 제한적 적용, 높은 비용) ❖ 국내 지능형 안전진단/유지관리 기술력은 세계수준과 4.3년 격차 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ ICT 및 AI 기술을 활용하여 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성(국토교통연구기획사업 보고) ❖ 기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 제고

중점추진사항

[드론/건설로봇/ICT기반] 구조물 안전진단 기술 첨단화 및 의사결정시스템 구축

- ❖ 드론/ICT기술을 적용한 구조물 실시간 모니터링기술 확보
- ❖ 건설 로봇을 활용한 콘크리트 구조물의 손상감지, 현장계측 및 모니터링
- ❖ 지능형 업무지원에 따른 비전문가의 유지관리 의사결정 지원 체계 구축
- ❖ 로봇을 활용한 고층, 장경간 콘크리트 구조물 균열 보수보강기술



5G+ 드론 적용 구조물 관리 REF: 과기정통부

ICT 기반 실시간 안전진단 기술 개요 REF: 국토교통부

세부목표 4) 노후시설 모니터링/시설개선 리모델링 기술 개발 보급

드론/로봇/ICT 기술을 활용한 콘크리트 시설물의 안전진단 및 유지보수 기술

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 육안 외관조사에 의존하는 구조물 상태평가(초고층 건축물 등에만 첨단기술 제한적 적용, 높은 비용)
- ❖ 국내 지능형 안전진단/유지관리 기술력은 세계수준과 4.3년 격차

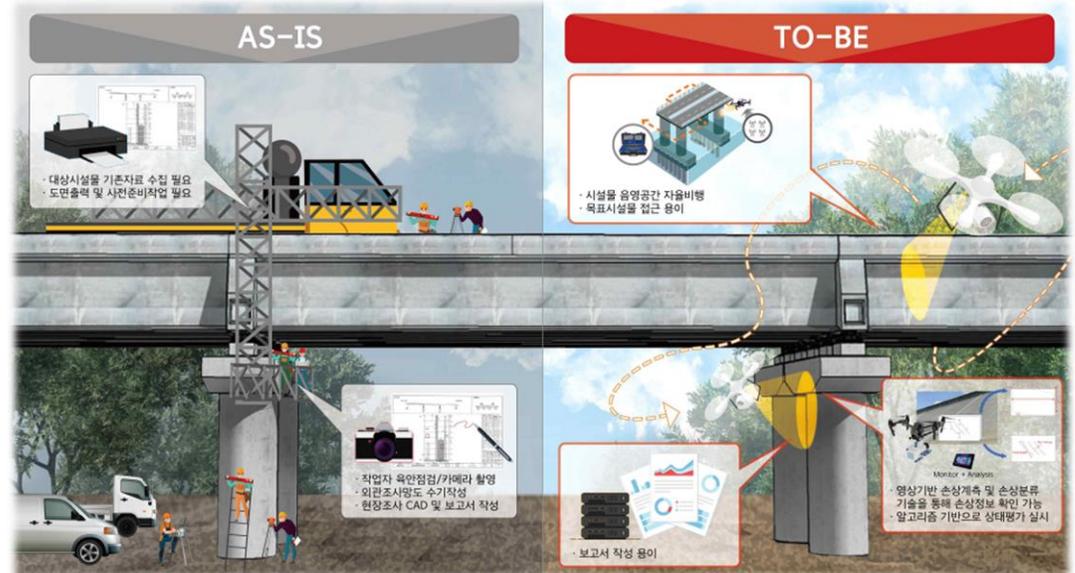
비전

- ❖ ICT 및 AI 기술을 활용하여 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성(국토교통연구기획사업 보고)
- ❖ 기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 제고

중점추진사항

구조물 안전진단 무인화 기술 개발

- ❖ 자율주행, 영상 센서기반 인공지능 위험감지 로봇 기술
- ❖ 실시간 모니터링 및 유지보수 의사결정이 가능한 AI 기반 드론 기술
- ❖ 자율비행 UAV(무인항공기) 기반 구조물 상태평가 기술
- 음영 공간 위치정보 생성이 가능한 측위기술 기반의 자율비행 UAV
- 보조광원을 이용한 무마커 기반 이미지 및 손상 크기 측정 기술
- 시설물 이미지분석을 통한 손상 이미지 분류 및 플랫폼 매핑 기술
- 콘크리트 시설물 손상정보 관리 및 자동 상태평가 기술



세부목표 4) 노후시설 모니터링/시설개선 리모델링 기술 개발 보급

디지털 트윈 및 BIM 기반 시설물관리기술 및 AI기반 유지관리 의사결정시스템

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 육안 외관조사에 의존하는 구조물 상태평가(초고층 건축물 등에만 첨단기술 제한적 적용, 높은 비용)
- ❖ 국내 지능형 안전진단/유지관리 기술력은 세계수준과 43년 격차

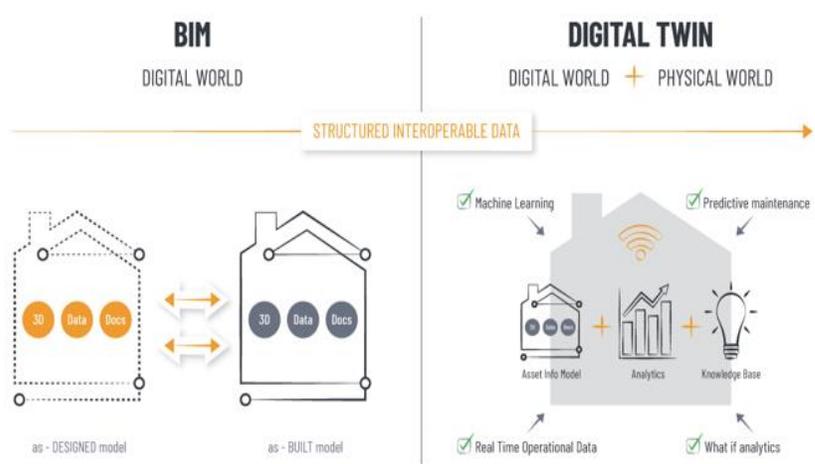
비전

- ❖ ICT 및 AI 기술을 활용하여 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성(국토교통연구기획사업 보고)
- ❖ 기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 제고

중점추진사항

시설물 유지관리 DB 구축 및 유지관리 통합 플랫폼 구축

- ❖ BIM기반 가상공간(디지털 트윈) 구현기술 개발
 - 가상의 건축물을 웹에서 3차원으로 조회하고 점검, 보수, 증축이력 등을 부재 단위로 연결
- *디지털 트윈: 물리적 자산의 기능, 특성, 동작 등을 가상환경의 디지털로 복제하는 방식
- ❖ 빅데이터 기반 시설물 유지관리 통합 플랫폼 구축
 - 디지털 트윈방식의 자산관리개념 도입
 - 시설물 손상정보 관리 및 자동 상태평가 기술
 - 노후화 데이터 구축 및 선제적·예방적 유지관리 체계 구현
 - 빅데이터 기반 시설물 목표 성능에 따른 유지보수 우선순위 결정 방법론 개발



BIM과 디지털 트윈의 관계 REF: cobuilder, 2018



디지털 트윈 자산관리의 정의



BIM 기반 유지관리 시뮬레이션

세부목표 4) 노후시설 모니터링/시설개선 리모델링 기술 개발 보급

디지털 트윈 및 BIM 기반 시설물관리기술 및 AI기반 유지관리 의사결정시스템

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 육안 외관조사에 의존하는 구조물 상태평가(초고층 건축물 등에만 첨단기술 제한적 적용, 높은 비용)
- ❖ 국내 지능형 안전진단/유지관리 기술력은 세계수준과 43년 격차

비전

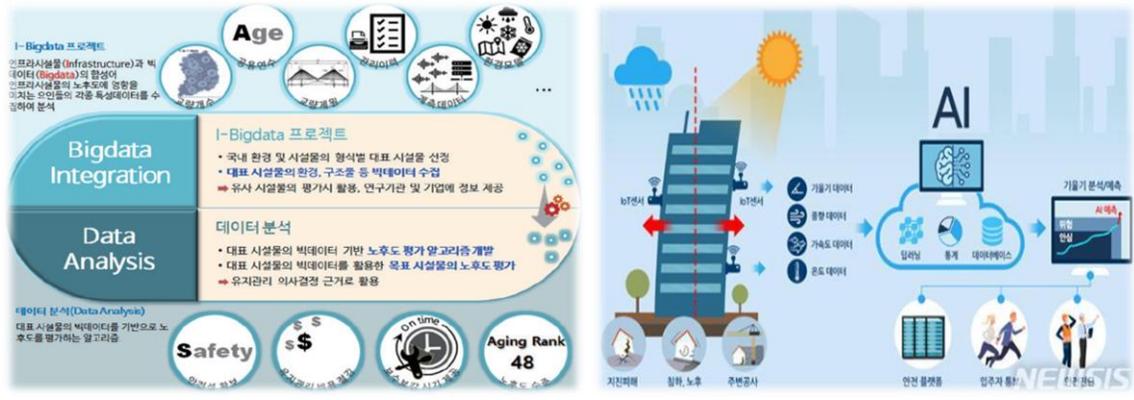
- ❖ ICT 및 AI 기술을 활용하여 안전진단 및 유지관리 기술의 신뢰성 95% 달성(국토교통연구기획사업 보고)
- ❖ 기술체계 자동화를 통한 경제성 15% 제고

중점추진사항

구조물 유지관리 무인화 기술 개발

❖ 인공지능 기반 유지관리 의사결정시스템

- 콘크리트 구조물 노후도 평가를 위한 AI 알고리즘 고도화 REF: KICT



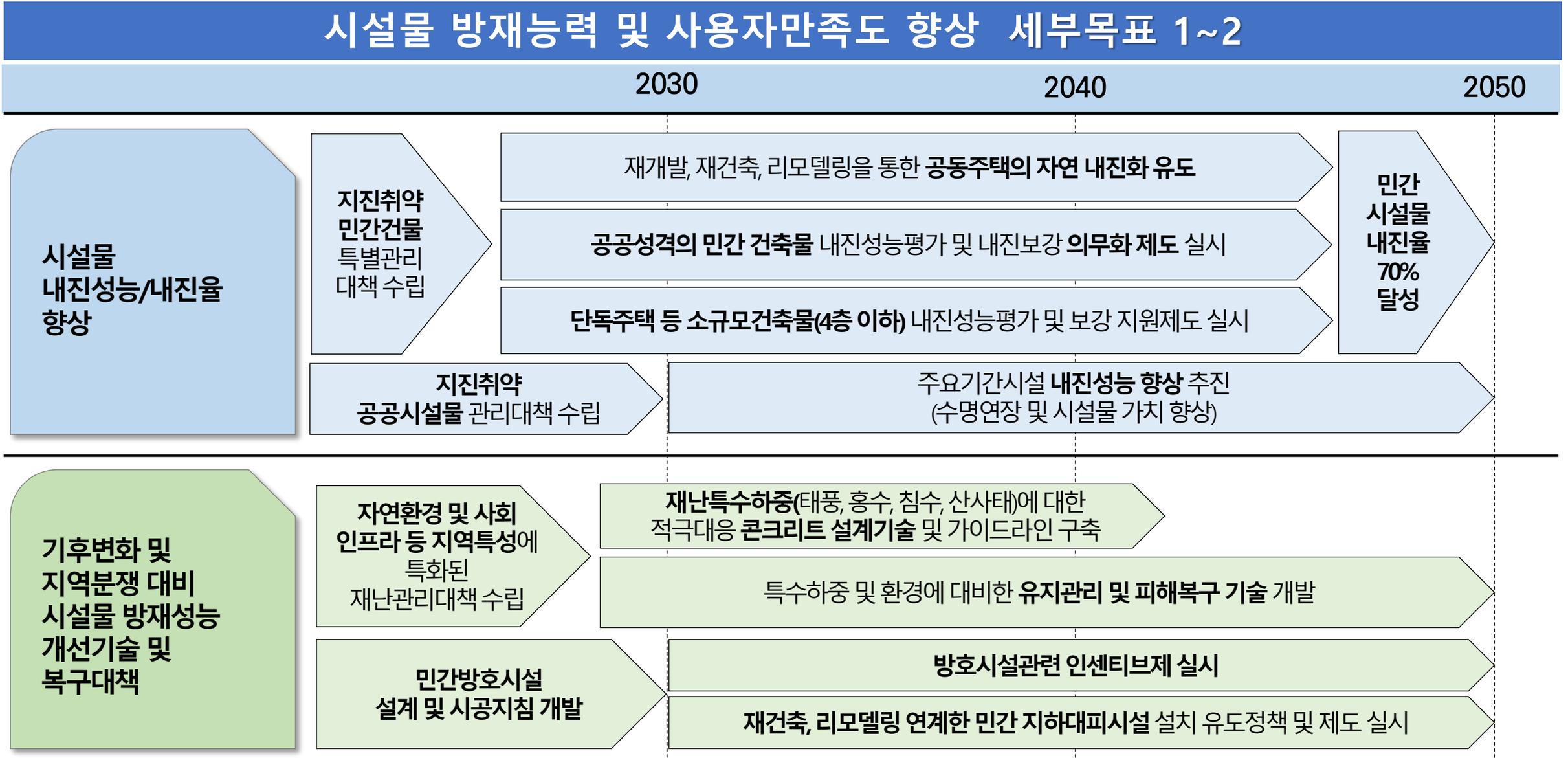
❖ 신경망 센서 활용 스마트 모니터링

- 다수의 위치에서 측정 가능한 광섬유 센서가 매립된 FRP 신경망 센서(콘크리트 신경망 센서)를 신설 및 기존 시설물에 설치한 후 시설물의 상태를 실시간 모니터링
- 디지털 트윈 기술과 연계하여 시설물의 안전성 평가 스마트화



기존 센서 문제(고비용, 저내구성, 신뢰성 미확보, 리더선 문제 등) 해결

시설물 방재능력 및 사용자만족도 향상 세부목표 1~2



6.5 추진전략

시설물 방재능력 및 사용자만족도 향상 세부목표 3~4

	2030	2040	2050
건축물 사용성향상 기술 (층간소음 저감/장수명 공동주택 보급)	층간소음 저감형 마감재료 바닥구조 기술 개발	층간소음 해석 및 예측 모델개발	층간소음 차단 1등급 구조시스템 개발 보급
	층간소음 저감형 아파트 구조시스템 개발	층간소음 차단 2등급 구조시스템 개발 보급	
	후분양제 확대 및 층간소음 등급 공개제도 실시	층간소음 설계-시공 유지관리 통합 인증제도 실시	
	사용자 만족도 향상 장수명 공동주택 기술 개발 및 보급		
노후시설 모니터링 기술/시설개선 리모델링 기술	융복합 기술활용 안전진단기술 수월성 확보 (실효성)	건설자동화 로봇을 활용한 구조물 안전진단 및 보수보강 기술 개발	구조물 안전진단 무인화 기술 개발
	콘크리트 스마트 유지관리 기술	AI 기반 실시간 콘크리트 모니터링 시스템 구축	구조물 유지관리 무인화 기술 개발
	경제적인 시설개선 수명연장 리모델링 요소기술/설계기술 개발		

2050년까지 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

시설물 내진율 향상 및 내진보강 로드맵



✓ 민간시설물의 낮은 내진율 및 복잡한 관리체계

기후변화 및 지역 특성을 고려한 시설물 방재능력 개선 기술 및 복구 대책



✓ 자연 및 인적 재난의 강도 증가

층간소음 저감/장수명 공동주택 개발 보급



✓ 층간소음 민원 증가

노후시설 모니터링/시설개선 리모델링 기술



✓ 외관 조사 중심 안전진단

현황

비전



✓ 내진보강 표준화 및 로드맵



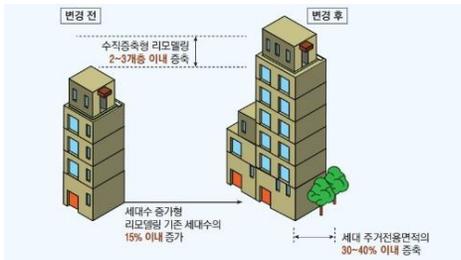
✓ 재난특수하중 설계 기술 확보



✓ 층간소음 관련 제도 보완 및 구축



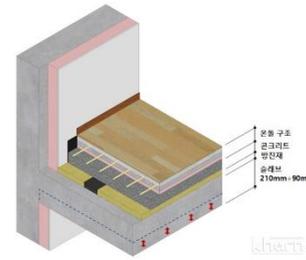
✓ 실시간 모니터링 시스템 구축



✓ 재건축/리모델링을 통한 내진율 촉진정책



✓ 지역 분쟁대비 민간방호시설 구축



✓ 층간소음 저감 기술 개발



✓ 무인 안전진단 및 유지관리

6.7 기대효과

시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

공공 및 민간시설물 내진율 향상과 내진보강 로드맵 (세부목표 1)

- ✓ 민간건축물 내진율 확보에 따른 **지진안전 사각지대 최소화**
- ✓ 공공시설물 내진성능향상에 따른 **수명연장 및 가치향상**
- ✓ 시설물 별 내진보강 표준화에 따른 **내진품질 개선 및 사용자 만족도 향상**
- ✓ **내진보강 표준화**에 따른 기술적 혼선 및 사용자 불편 최소화

기후변화 및 지역특성을 고려한 시설물 방재성능 개선기술 및 복구대책(세부목표 2)

- ✓ **급격한 기후변화 및 지역별 재난취약특성에 대비한 시설물 안전성 확보**
 ***관련기술 예시**) 콘크리트 자체가 구조부재 역할 뿐만 아니라 **센서 역할**을 동시에 수행하며 **구조물 내부 상태를 시각화** 함으로써 유지보수 효과 극대화
 ***관련대책 예시**) 해안지역, 경사지주택지역, 산간지역, 남동부 지진취약지역, 건물 밀집 도시지역에 특화된 **재난관리대책** 제공
- ✓ **복핵 및 지역분쟁대비 민간방호시설 확보**

기대 및 파급효과

- ✓ 지진피해에 대한 **사회적 불안감 해소**
- ✓ 내진분야 인력, 장비, 인프라 확충을 통한 **내진 선진국 인식 개선**
- ✓ 재건축, 리모델링 활성화에 따른 **시설개선+내진율향상 사용자만족도 향상**
- ✓ 시설물 방재성능 향상을 통하여 **자연재해에 대한 국민의 불안요소 저감**
- ✓ **재난 복구비용 최소화**, 사회적 불편 감소, 사회기능 유지
- ✓ **복핵 및 지역분쟁 발생시 안전확보, 국민 불안요소 저감**

6.7 기대효과

시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

층간소음 저감기술/장수명 공동주택 개발 보급
(세부목표 3)

- ✓ 다양한 **완충재의 충격력 전달특성 DB 구축**
- ✓ 바닥충격음 예측 기술을 적용한 공동주택의 음향 및 진동 특성을 고려한 **최적 바닥구조 설계기술 개발**
- ✓ 기술적 수준 및 사회적 니즈를 반영한 **현실적 층간소음 기준 제공**

노후시설 모니터링/시설개선 리모델링 기술 개발
(세부목표 4)

- ✓ **실시간 모니터링**을 통해 즉각적인 유지보수 가능
- ✓ **안전진단 실효성 및 신뢰성 확보**
- ✓ 스마트 유지관리 플랫폼을 통한 **유지관리 효율성 및 경제성 제고**

기대 및 파급효과

- ✓ 공동주택 **거주자 만족도 향상**
- ✓ 공동주택 **브랜드 가치 향상**
- ✓ 층간소음 저감을 통한 **사회적 분쟁 최소화** 및 인적·물적 피해비용 최소화
- ✓ **노후시설 붕괴예방/자산관리에 활용**
- ✓ 재난방지 세계기술선도를 통한 **글로벌기술경쟁력 확보**
- ✓ 첨단기술융합 및 기술에 따른 **새로운 일자리 창출**

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 **목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출**

08 중점추진사항과 주요사업요약

4차산업과 건설기술환경 변화

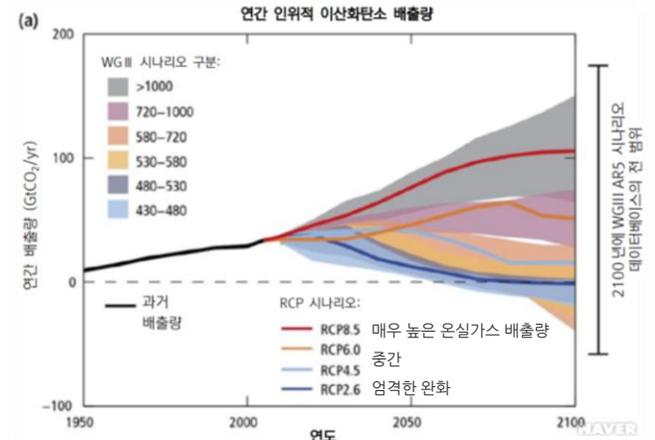
- BIM, IT, AI 및 Digital Transformation(DX), ICT 기반 과학기술 발전
- 첨단 사회인프라 구축 요구 증대
- 디지털융합기술과 고생산성 기술 개발
- 건설산업의 생산성
- 비대면 근무 여건 활성화



기후변화와 자연재해 증가, IPCC WG III



IPCC의 조직과 구성(출처: 한국기상학회)



연간 인위적 이산화탄소배출량(출처:IPCC)

건설 붕괴사고



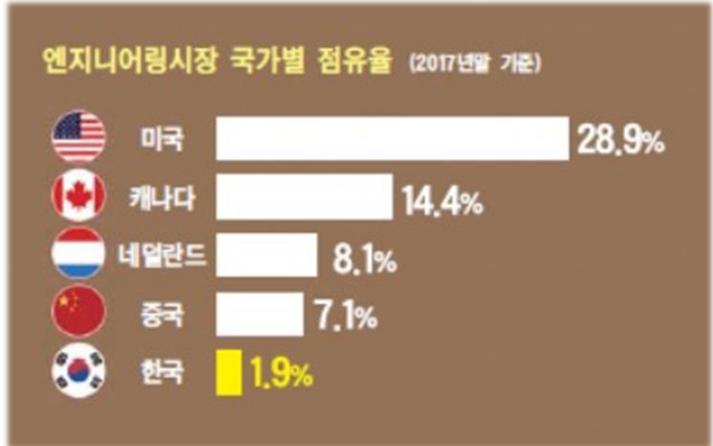
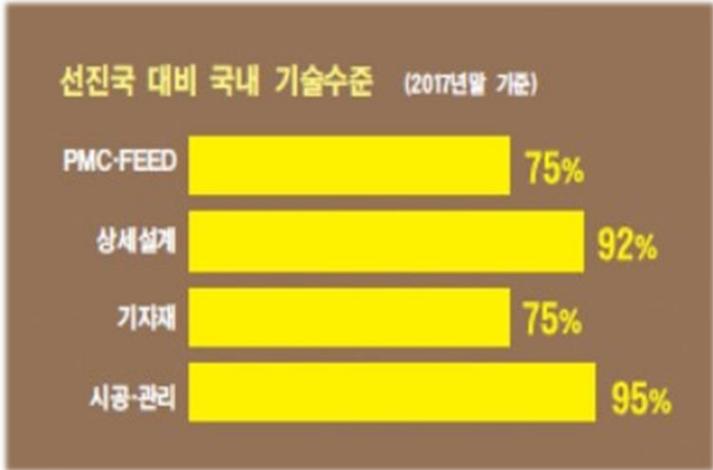
□ 광주 아파트 시공 중 붕괴사고

□ 인천 검단 아파트 주차장 지붕 무량판 붕괴사고

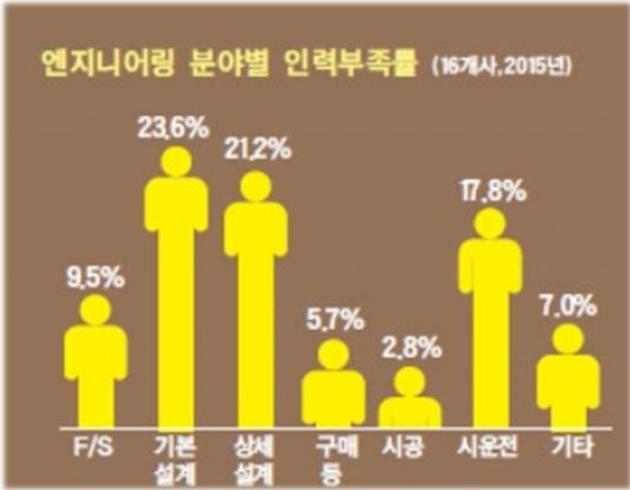
□ 주요 원인: 설계엔지니어링의 **인적 오류**, **시공관리 부실**, **구조감리의 기술력 저하**가 주요한 원인으로 지목됨

국내 엔지니어링 기술과 해외기술력 수준

엔지니어링 설계기술 수준



건설분야 인력난 악화 - 저출산, 고령화



[건설현장이 멈춘다②] '저출산·고령화'...건설현장 인력난 악화일로

부동산 | 입력 2022-05-17 20:18:09 | 서정서 기자 | 0개



- 콘크리트 기술인에 대한 패러다임 변화
- 다양한 건설과학기술 분야 인재
- Well-being, Well-paying & Work-life balance
- 기술, 고용, 교육 여건의 변화
- 건설관련 법제도 변화

국내 엔지니어링 기술과 해외 경쟁력

국내건설사-단순시공

기업	매출액(USD)/ 글로벌 순위	시공 매출(%)
SAMSUNG C&T	30,095/13위	98%
HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION	15,779/23위	95%
DOOSAN	11,533/34위	99%
IDL E&C	7,893/41위	99%
GS 건설	7,673/44위	90%
대우건설	6,666/51위	95%

* 건축주택/토목 인프라/플랜트 공사 수주

해외 건설사 - 엔지니어링 및 CM

기업	순이익/전체매출 2021년
LENNAR *	16.3%
D.R. HORTON *	15%
PULTEGROUP *	14.0%
ACS	10.9%
L&T	10.5%
DAIWA *	8.2%
SENSUI *	6.7%
TAISEI	6.3%
EIFFAGE	6.2%
HBA *	5.6%
OBAYASHI	5.7%
SHIMIZU	5.3%
SAMSUNG C&T	5.3%
KAJIMA	5.2%
SKANSKA	4.8%
평균	4.5%
VINCI	4.4%
DAITO *	4.2%
CSCEC	4.1%
STRABAG	3.9%
BOUYGUES	3.5%
CCCC	3.4%
HDEC	3.1%
JACOBS	3.1%
POWERCHINA	3.0%
CEEC	3.0%
CRCC	2.9%
CREC	2.8%
CHINA RAILWAY GROUP	2.3%
SCG	1.3%

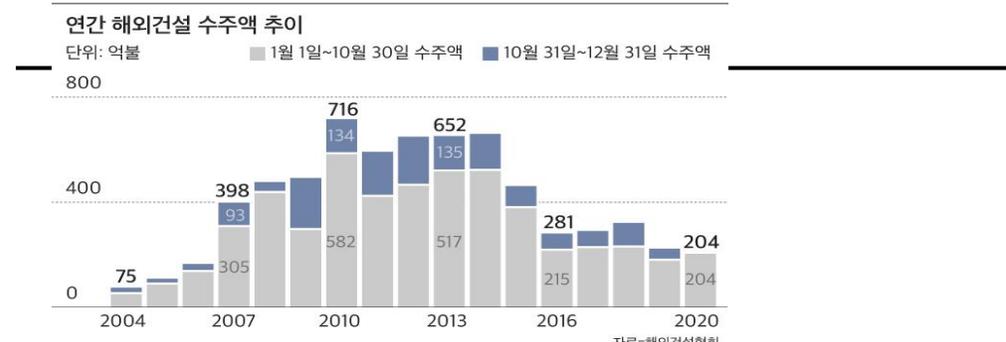
REF: 금융감독원 및 Deloitte Spain



글로벌 상위 건설사

ACS	ENR 2015 ~ 2016년 연속 1위 기업 (건설 전생애주기 서비스 시장 선도)
Daiwa House	일본 최고 주거용 건설 회사 (조립식 주택 설계 및 임대 주택 사업 전개)
EIFFAGE	유럽 상위 종합 엔지니어링 회사 (매년 100,000개 이상의 EPC 프로젝트 수행)

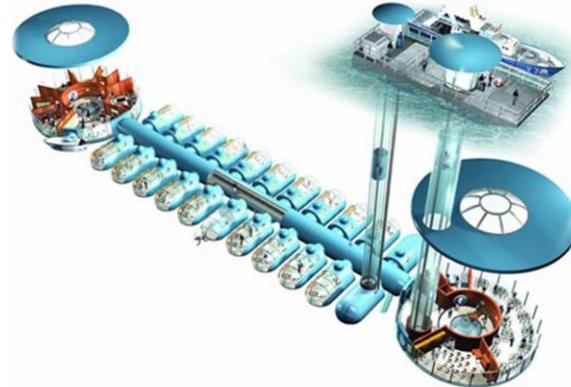
- 국내 1군 건설사 매출액의 90% 이상이 시공 관련 수주이며, 순수 시공 활동은 **영업이익률이 5% 이하로 나타남**
- 상위 글로벌 건설회사는 시공 외에도 설계 및 감리 등 **다양한 영역을 종합적으로 수행함**
- 시공 외에 **기획/설계/관리 영역은 고부가가치사업-순이익 비율이 높음**



원전, 스마트시티, 대형시설물에 대한 수요 증가



- 원전, 네옴시티 등 해외 건설 수요
- 초장대 교량 및 대형 시설물
- 해저 도시
- 부유식 교량
- 우주 주거지



첨단 인프라 복지와 콘크리트 엔지니어링 기술에 대한 니즈

첨단 사회인프라 복지



콘크리트 엔지니어링 기술에 대한 니즈

- 인간의 생활환경을 위한 주거, 산업, 교통 및 방재 시설 등 공공성과
공익성을 위한 **사회인프라시설의 주 건설재료**
 - 생산(경제)의 기반이 되는 시설
 - 도로, 철도, 공항, 항만, 댐 등
 - 스마트 시티, 지능형 교통체계, 복합터미널
 - 해저도시 건설, 우주개발 등 첨단 사회인프라
- 공사 중, **공사 후 구조물의 붕괴방지와 품질확보**를 위한 설계, 시공,
감리, 유지관리를 위한 고급 엔지니어링 기술 필요

첨단 인프라 복지와 콘크리트 엔지니어링 기술에 대한 니즈

자연재해, 에너지, 자원고갈 등의 문제



문제해결을 위한 콘크리트 역할 니즈

□ 세계 인구가 2100년에는 110억을 넘을 것으로 예상되고, 물과 식량 부족, 에너지와 자원고갈, 자연재해 등으로부터 해결해 줄 미래 유망 직업

- 기후변화에 따른 자연재해 저감
- 재료, 제조, 설계 및 시공 분야에서 미래 기술/직업 혁신
- 디지털 엔지니어 육성
- 태양/풍력 등 재생 에너지 플랜트 건설
- 스마트 빌딩 전문가, 3D 프린팅 전문가, 도시 농업 전문가 등(콘크리트 공학이 근간)
- 미래 변화에 의해 중요성이 더욱 커지고 가장 빠르게 성장할 것으로 예측



자원 고갈 위기



에너지 소비 증가



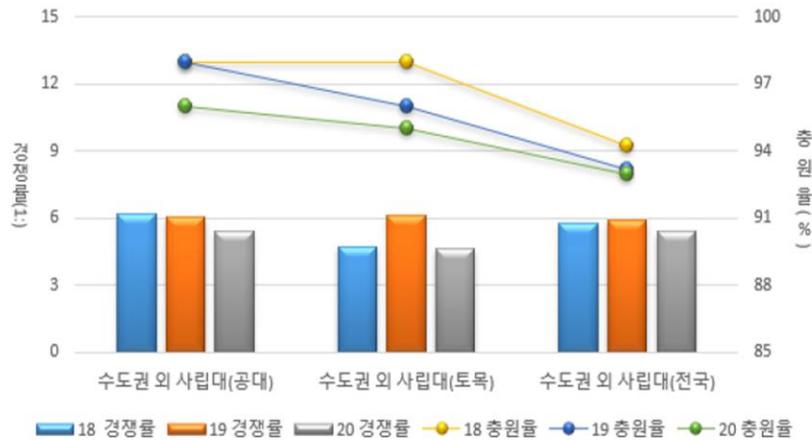
온실가스 배출 증가



물 부족 심화

차세대 우수건설인력 확보: 건설 분야 대학/대학원 진학과 건설근로자 수급 니즈

국내 건설분야 대학 진학 학생 감소



REF: 수도권 외 사립대에 대한 대학 전체, 공대 및 토목공학전공 학과 입시 경쟁률과 총원율 비교(통계청, 2021)

미국 건설분야 대졸생의 연봉순위(TOP 4에 랭크)



자료=비즈니스인사이드

- 미국 34가지 학부 전공별로 25~64세인 취업자의 중위 소득 통계 결과
- 토목분야가 미국 톱4 연봉수준의 전공으로 나타남. 금융분야 전공보다 높은 연봉

REF: 비즈니스 인사이더, 미국 인구조사국 자료

콘크리트 산업 인재 수급 전망

2019년 건설근로자 직종별 수급 전망 (단위: 명)

구분	수요	공급		내국인 부족인력
		내국인	외국인	
항틀목공	7만9123	7만2323	6만5928	-6800
철근공	5만8709	5만3664	2만4582	-5045
콘크리트공	2만502	1만8740	5448	-1762
석공(타일공)	1만2841	1만1737	4416	-1104
방수공	1만4780	1만3510	3131	-1270
도장공	2만2887	2만920	2924	-1967
용접공	3만7329	3만4121	761	-3208
배관공	15만426	13만7498	9039	-1만2928
기타 직종	112만2777	102만6287	11만1534	-9만6490
합계	151만9374	138만8800	22만7763	-13만574

*자료: 한국건설산업연구원(건설근로자공제회 DB)

그래픽: 이승현 디자인가자

REF: 건설근로자 직종별 수급 전망 (한국건설산업연구원, 2019)

HOME > 뉴스 > 동향

토목 졸업생 92명 중 엔지니어링사 취직은 '0명'

김성열 기자 | 승인 2021.07.21 09:03 | 댓글 22

엔지니어링사 피하는 이유는 '워라밸' '연봉' 인사를 대학교는 지방대보다 기피 심해

(엔지니어링데일리)김성열 기자="저희는 엔지니어링사 취직은 아예 생각 안합니다. 동기들 중에도 엔지니어링사에 입사한 사람은 한 명도 없어요." 토목공학과 졸업생들이 엔지니어링사를 외면하고 있다. 졸업생은 엔지니어링사 취직을 피하는 이유로 흔히 '워라밸'이라고 하는 업무 환경과 낮은 연봉, 사회적 지위 등을 들었다.

21일 본지가 경성·전라권 대학교 토목공학과 졸업생 취업현황을 집계한 결과 엔지니어링사 취업률은 공기업에 밀려 시공사, 공무원과 비슷한 수준으로 나타났다. 학교에 따라 엔지니어링사 취직률이 0%인 곳도 존재했다. 인사를 대학교는 공식적인 자료를 내놓지 않았지만, 지방대보다 엔지니어링사 기피가 더 심했다.

조사한 대학은 총 6개로 엔지니어링사 취업률은 20% 수준이다. 반면 ▲공기업 28% ▲시공사 20% ▲공무원 19% ▲대학원, 자영업 등 기타 13%로 나타났다. 졸업생 절반이 엔지니어링사에 취직할 학교가 있어서 평균치를 끌어올렸는데, 해당 학교를 제외하면 엔지니어링사 취업률은 평균적으로 10% 초반대였다.

국립대학교인 P대는 지난해 토목과 졸업생 92명 중 ▲공무원 13명 ▲공기업 38명 ▲대기업 2명 ▲중견·중소기업 10명으로 총 63명이 취직했다. 이 중 엔지니어링사에 취직한 졸업생은 0명이었다. 지난 2010년 졸업생 55명 중 5명이 엔지니어링사에 취직했던 것보다 더 줄어든 수치다.

2019년 44명이 취업한 부산지역 사립대인 D대학교는 13%인 6명만이 엔지니어링사에 입사했다. 공사와 공무원은 각각 12명, 10명이 합격했다. D대학교 토목과 홈페이지서 타 분야 취업 수기는 볼 수 있지만, 엔지니어링사 취업 수기는 없었다.

또 다른 부산지역 E대학교는 ▲관공서 4% ▲건설회사 39% ▲설계회사 28% ▲기타 29%라고 전했다. 정확한 인원은 밝히지 않았다.

사회적 인식과 처우 개선 요구: 건설생산성 향상을 통한 처우 개선 필요

건설엔지니어링 ≠ 워라벨

- (업체/인력) 업체수는 '10년 2,759개사에서 '18년 3,509개사로 증가
- 취업자 수는 전체 건설근로자(207만명)의 3% 수준인 6만여명으로 최근 5년간 연평균 6% 증가('15년 4.7만 → '19년 6만)

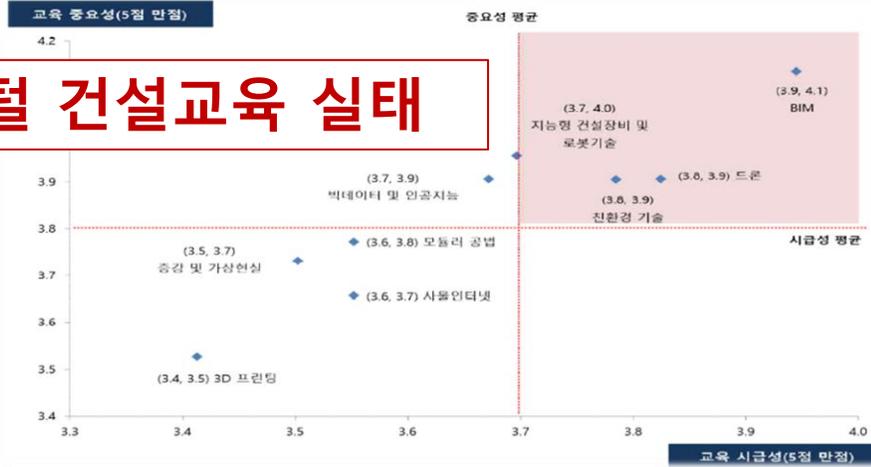
- 다만, 높은 업무강도와 상대적으로 낮은 임금으로 젊은 기술인 이탈이 늘어 **50대 이상 비율이 절반*** 수준 차지

* (신입임금) 시공사 4,591 ← 건설eng. 3,683만원 / (인력) 20~30대는 21%에 불과

▲ 출처 : 건설 엔지니어링 현황, 발전방안 국토교통부(2020. 9)

디지털융합 건설기술교육 현주소

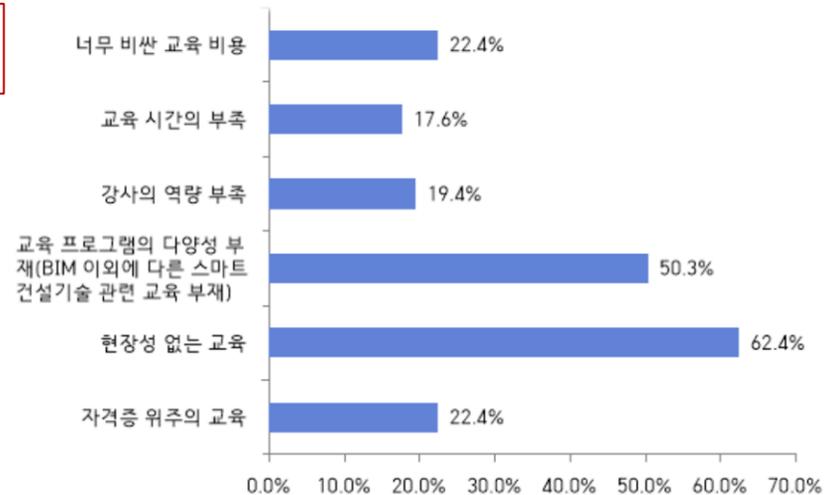
디지털 건설교육 실태



건설인력단가 비교



GNI(국민개인소득) 대비 건설기술인 단가 비교



디지털 융합 기술 전환과 건설기술 및 고용 변화

[건설현장이 멈춘다②] '저출산·고령화'...건설현장 인력난 악화
일로

부동산 | 입력 2022-05-17 20:18:09 | 서형석 기자 | 0개



BIM, IT, AI 및
디지털기술전환

기술, 고용, 교육
법제도

업계 최고 인재 확보
국민 인식의 전환



4차 산업혁명의 의미와 기술
그리고 우리의 방향은?

- Digital Transformation(DX), ICT 기반 과학기술 발전/첨단 사회인프라 구축 요구 증대
- 콘크리트 기술인에 대한 패러다임 변화로 건설과학기술 분야 인재 확보 필요
- 니즈 #1: 건설관련 인력감소와 과학발전의 위기/기회 요소의 극대화
- 니즈 #2: 디지털융합기술과 고생산성 기술 개발로 기술 경쟁력 향상
- 니즈 #3: Well-being, Well-paying & Work-life balance

건설산업선진화/차세대 일자리 창출

현황 및 사회적 니즈

- ❖ **4차산업과 건설기술환경 변화**
 - 디지털 융합 기술 전환 니즈
 - 첨단 인프라 복지와 콘크리트 기술에 대한 니즈
 - 탄소중립 기술 도입 니즈
- ❖ **차세대 우수건설인력 확보 필요**
 - 건설 분야 대학/대학원 진학 인원 감소
 - 건설기술자 수급 니즈
- ❖ **건설엔지니어링 국제경쟁력 확보 필요**
 - 국내 엔지니어링 기술과 해외기술력 수준
- ❖ **건설생산성 향상을 통한 처우 개선 필요**
 - 건설엔지니어링 분야 워라벨

세부 목표

- ❖ **차세대 엔지니어 육성**
 - 친환경/저탄소 전문인력 양성 및 일자리 창출
 - 디지털 설계 및 유지관리 일자리 창출
 - BIM, IT, AI 및 디지털 고급 건설 일자리 확보
- ❖ **디지털 융복합 건설 기술교육**
 - 대학교육
 - 재교육 시스템 구축
 - 디지털 엔지니어 자격제도
- ❖ **건설 경쟁력 확보**
 - 단순시공업종에서 엔지니어링 및 CM 업무로 개편
 - 건설 생산성 향상을 통한 부가가치 향상
 - 원전, 스마트시티, 대형시설물 해외 시장 확보
- ❖ **엔지니어 육성을 위한 기술우대 정책**
 - 법제도 개선을 통한 기술/품질중심
 - 건설사업평가제도로 전환
 - 건설인 생활복지 향상

건설산업 경쟁력 강화/ 건설생태계 구축

세부목표 1	세부목표 2	세부목표 3	세부목표 4
차세대 신기술 일자리 창출	디지털 융복합 건설 기술교육	건설산업구조개편을 통한 경쟁력 확보	엔지니어 육성을 위한 기술우대 정책
<ul style="list-style-type: none"> • 친환경/저탄소 전문인력 고용 확대 • 디지털 설계 및 유지관리 인력 고용 확대 • BIM, IT, AI 및 디지털 고급 건설 일자리 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털융복합기술 대학교육 • 재교육 시스템 구축 • 디지털 엔지니어 자격제도 	<ul style="list-style-type: none"> • 단순시공에서 엔지니어링 및 CM 업무로 개편 • 건설 생산성 향상을 통한 부가가치 향상 • 원전, 스마트시티, 대형 시설물 해외 시장 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 법제도 개선을 통한 기술/품질중심 건설사업평가제도 전환 • 엔지니어보호육성을 위한 건설신기술 전문자격제도 • 건설인 생활복지 향상정책

신기술, 신공법이 건설시장 50% 장악

차세대 건설 일자리 50% 창출

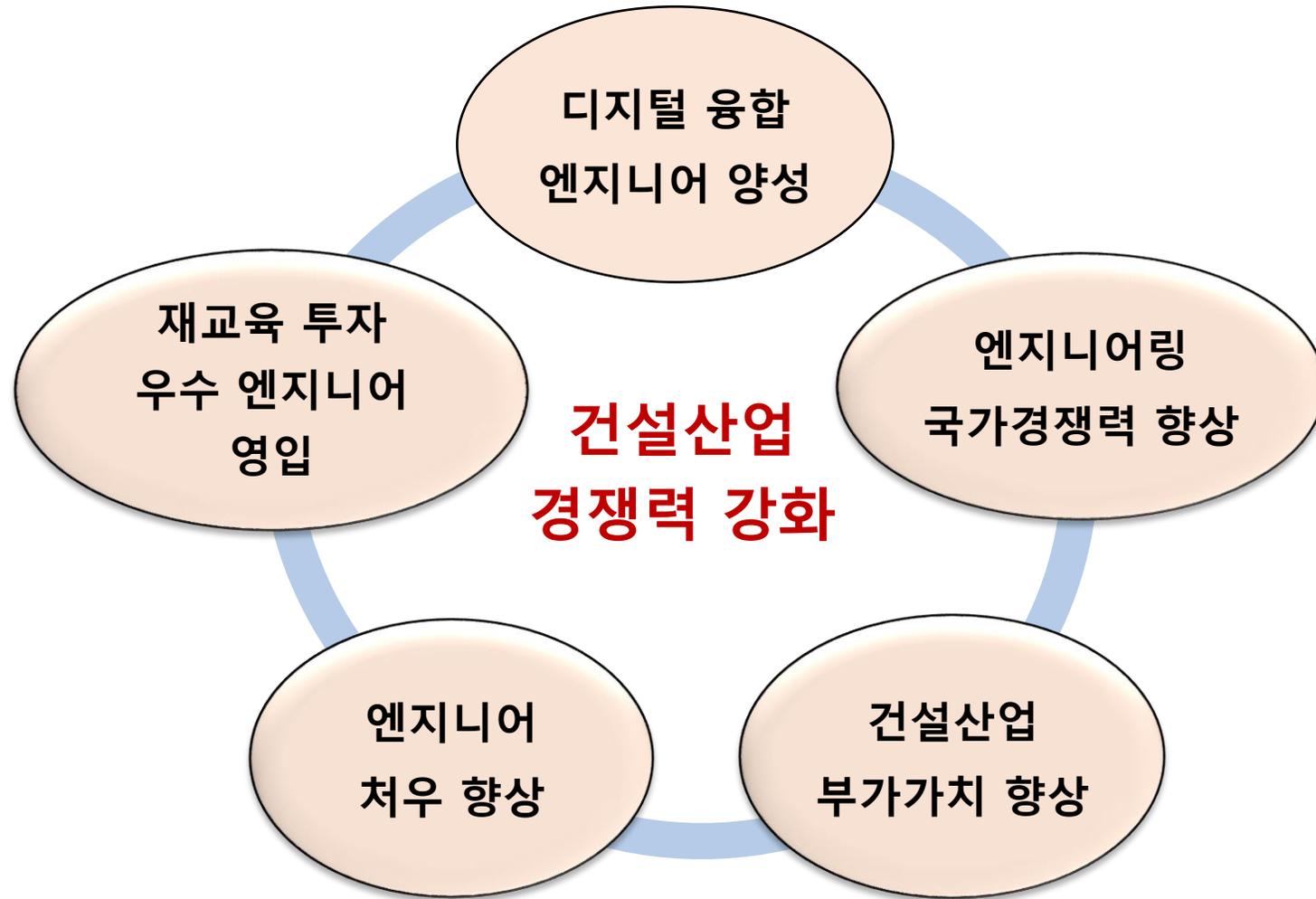
융복합첨단기술 일자리
창출

융복합첨단 기술력 향상

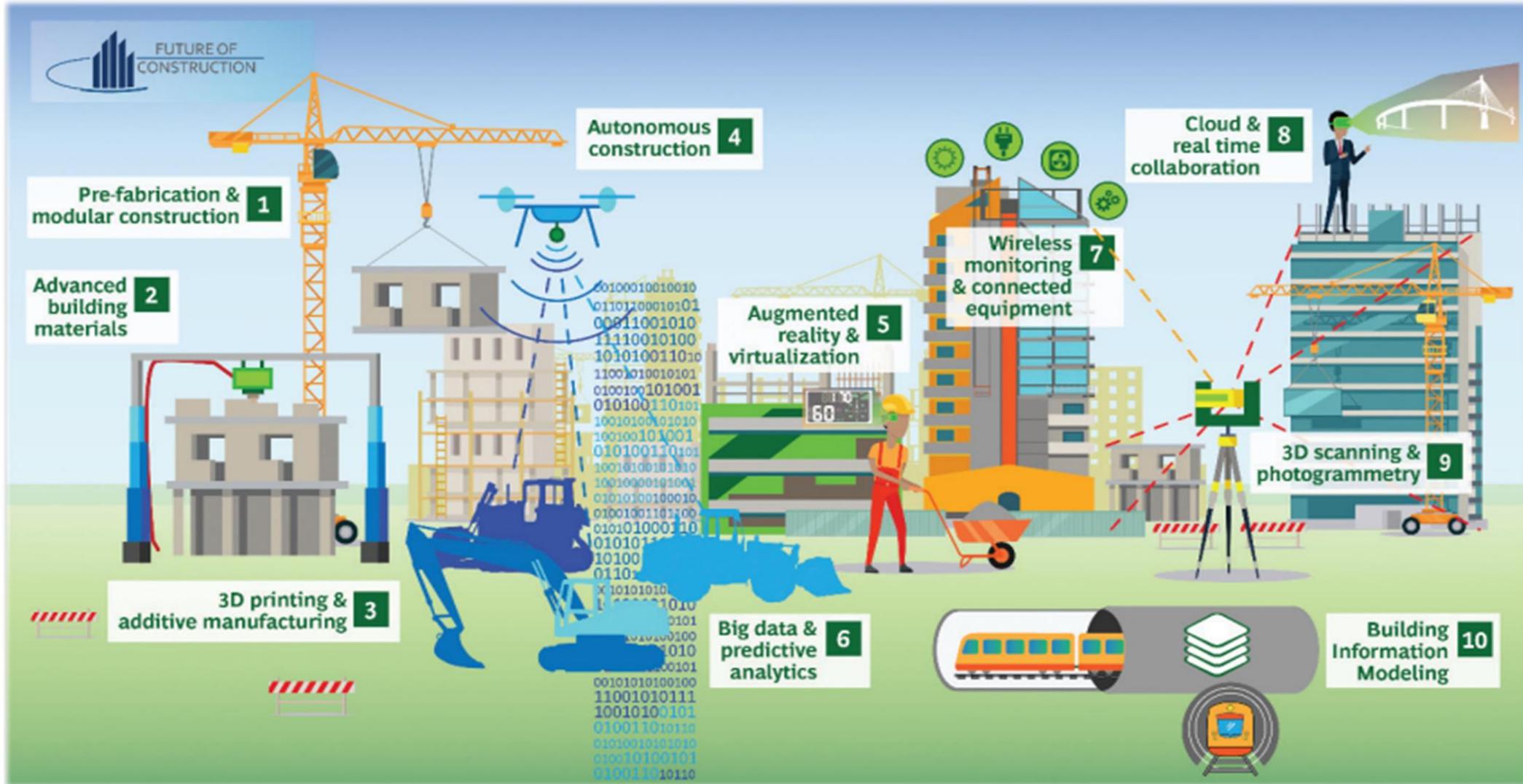
건설부가가치 창출
건설 생산성 향상
국제경쟁력 강화

차세대 건설인 복지향상
차세대 건설인력 수급

건설산업 경쟁력 강화를 위한 선순환구조 확립



디지털융합 친환경 엔지니어링 일자리 창출



디지털 융복합 기술 교육 실현



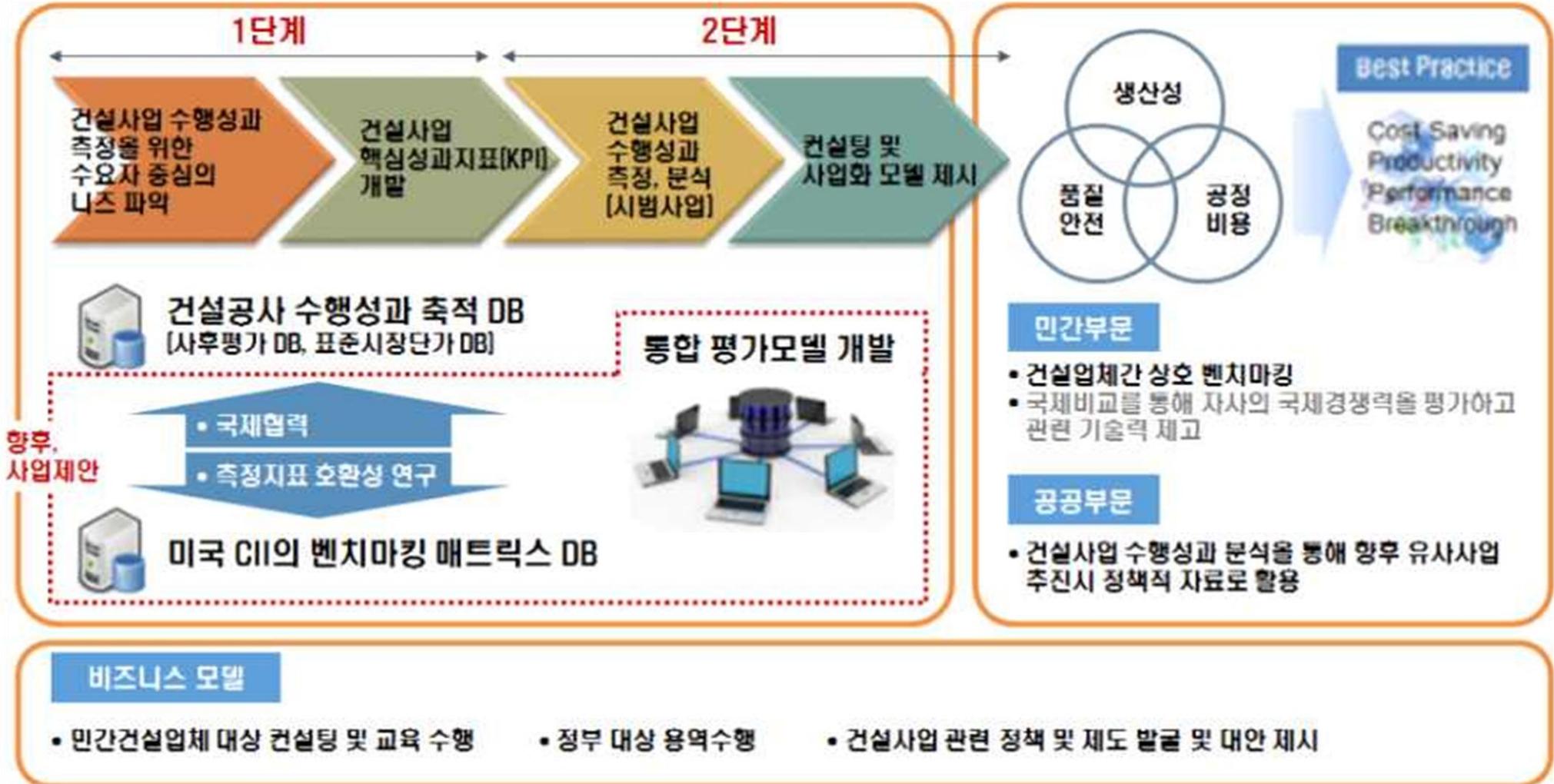
건설산업선진화 및 해외건설시장 진출을 통한 고부가가치 일자리 창출



□ 기획/설계/관리 영역의 고부가가치사업 집중

스마트 기술 활용 적극 지원		인프라 협력을 위한 노력		스마트시티 수출을 위한 노력	
건설자동화 기술 개발, 스마트시티 집중 육성 등 미래 건설산업 혁신을 위한 정부 지원		글로벌 인프라 협력 콘퍼런스 개최와 인프라 협력 및 수주 지원 외교 활동 등 정부 노력		중동, 아시아 지역에 스마트시티 수출을 위한 노력	
건설자동화 기술 개발	스마트시티 집중 육성	글로벌 인프라 협력 콘퍼런스 개최	인프라 협력 및 수주 지원 외교 활동	스마트시티-해수담수화 중동 수출길 개척	베트남에 스마트시티, 건설 인프라 기술 수출
<p>2025년까지 BIM·AI 활용 '건설자동화' 기술 개발</p> <p>2025년까지 스마트 건설자동화 등 4차 산업혁명 관련 기술 개발을 통해 건설 현장 노동생산성을 40% 향상시키고, 안전사고 사망자 수를 30% 감소시키는 중장기 계획이 추진된다. (중략)</p> <p>이에 국토부 관계자는 "국내 건설산업이 고부가가치 미래산업으로 도약하기 위해서는 4차 산업혁명 기술을 활용한 첨단 기술과 융합이 필수적이다."라고 평가하면서 "앞으로 건설산업이 데이터 기반의 첨단 공정한 산업으로 진화해 양질의 일자리 창출, 국민 안전과 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대한다"고 밝혔다.</p> <p>한국건설신문 2018년 01월 09일</p>	<p>자율주행차·드론·스마트시티 집중 육성한다</p> <p>국토교통부는 4차 산업혁명 시대에 대비 핵심과제인 자율주행차, 드론, 스마트시티를 집중적으로 육성한다. (중략)</p> <p>국토부 관계자는 "건설 자동화, 지능형 유지관리를 도입해 미래 건설산업을 혁신하고 공기업에 제로에너지 건축 의무화, 신축건물 단열기준 강화 등을 통해 제로에너지 건축을 확대해 나가는 한편, 디지털 트윈 공간정보, 스마트 공항, 스마트 물류 등의 신규 산업도 적극 발굴해 육성할 계획"이라고 밝혔다.</p> <p>정책브리핑 2018년 01월 24일</p>	<p>"해외 건설시장 근손들이 온다"... 글로벌 인프라 협력 콘퍼런스</p> <p>중동 등 해외 건설시장 주요 발주국의 행정가들이 대거 방한해 우리 정부와 건설사 등을 만나 협력 방안을 논의한다.</p> <p>국토교통부는 4~6일 서울 코엑스 인터콘티넨탈호텔에서 '2017 글로벌 인프라 협력 콘퍼런스'(GICC: Global Infrastructure Cooperation Conference)를 연다고 3일 밝혔다.</p> <p>이 행사는 국토부가 2013년부터 매년 우리 기업의 해외 건설시장 개척을 지원하고자 여는 인프라 세일즈 행사다. (생략)</p> <p>연합뉴스 2017년 09월 03일</p>	<p>김현미 장관, 베트남·싱가포르서 인프라 협력 및 수주 지원 외교</p> <p>김현미 국토교통부 장관은 3월 5일(월)부터 8일(목)까지 베트남과 싱가포르를 방문하여 우리 기업의 인프라 프로젝트 수주를 지원하고, 주거복지, 스마트인프라 등 국토교통 분야 정부 간 협력을 추진한다. (중략)</p> <p>이번 방문으로 신남방정책 4대 중점분야(교통·에너지·수자원·스마트IT)에 대하여 두 나라와의 포괄적인 협력체계 구축될 것으로 기대된다. (생략)</p> <p>정책브리핑 2018년 03월 04일</p>	<p>국토부, 스마트시티-해수담수화 중동 수출길 개척</p> <p>국토교통부는 지난 19일부터-23일 까지 오만과 사우디에 순방식 차관을 단장으로 하는 민간합동 수주지원단을 파견해 해외건설·인프라 분야 담당 장관 등 고위급 협력활동과 MOU 체결 등 신정부 첫 수주지원 활동에 나섰다. (중략)</p> <p>"이번 수주지원단을 통해 스마트 시티, 첨단 교통, 해수담수화 등 스마트 인프라 분야에서 수주 지원의 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대한다"고 밝혔다.</p> <p>한국건설신문 2017년 09월 20일</p>	<p>건설연, 베트남에 스마트시티-건설 인프라 기술 아시한다</p> <p>한국건설기술연구원(원장 한승헌/이하 건설연)은 22일 베트남 하노이 현지에서 '한-베 교통인프라 협력센터' 개소식을 거행, 베트남에 스마트시티 및 건설 인프라 분야 교류협력 증진에 나섰다. (중략)</p> <p>향후 3년간 도로포장분야에서 20억원 규모의 국토부 ODA 사업인 '베트남 포항의 성능개선을 위한 맞춤형 중온 아스팔트 기술 최적화 및 현지화 사업'을 수행하게 되며, 건설연의 첨단 건설기술을 베트남 현지에 적용할 예정이다. (생략)</p> <p>국토일보 2018년 03월 22일</p>

기술중심 엔지니어 육성 정책



세부목표 1) 차세대 엔지니어 일자리 창출

친환경/디지털 건설 고급전문 일자리 창출

현황 및 사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 친환경/저탄소 콘크리트 수요 증가 ❖ 탄소중립 목표달성을 위한 CCUS 등 신기술 산업 발전 ❖ 기계화/자동화 공법 활성화 ❖ BIM/IT 기술 활용 디지털 설계/건설/유지관리 엔지니어링 기술 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 친환경/디지털 건설 엔지니어 양성 및 고용 확대 ❖ 자동화/기계화 건설 엔지니어 양성 및 고용 확대 ❖ 신기술 개발 및 연구인력 확대 ❖ 건설산업 미래 경쟁력 강화

중점추진사항

[친환경 엔지니어 양성]

- ❖ 친환경/저탄소 콘크리트 제조 및 활용
- ❖ CCUS 활용/적용 기술

[자동화/기계화 건설엔지니어 양성]

- ❖ 기계화/자동화 공법/장비 개발 및 운용
- ❖ 조립식공법 개발/현장적용

[디지털 엔지니어 양성]

- ❖ 디지털 기반 데이터 관리
- ❖ 원격 협업(설계/현장관리)
- ❖ 디지털 트윈기반 현장관리/유지관리
- ❖ AI 활용 기획/설계/유지관리 기술



세부목표 2) 융복합 건설기술교육

친환경/디지털/AI 교육시스템 구축

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 친환경/디지털 기술을 위한 대학교육 개편
- ❖ 융복합 기술 엔지니어 양성을 위한 계속교육 확대
- ❖ 건설 기술시장 변화에 적응능력 향상 필요



비전

- ❖ 건설산업 미래 기술력 강화
- ❖ 계속교육을 통하여 직무역량을 다변화, 디지털화 및 고도화
- ❖ 친환경/디지털 엔지니어 양성 자격제도 개편
- ❖ 건설 기술인 처우향상

중점추진사항

[융복합 기술 수용 대학교육 개편]

- ❖ 친환경/저탄소 콘크리트 제조 및 활용에 관한 핵심 이론 및 산업활용 기술 교육
- ❖ BIM, IoT, AI, 3D Printing, Big Data 등 융복합 기술 관련 과목 추가
- ❖ 관련 산업체와 산학협동 강화

[융복합 기술 계속교육 프로그램 운영]

- ❖ 전문학회 중심 콘크리트 전문 분야 참여 콘텐츠 기획 및 제작
- ❖ 계속교육을 위한 교육 프로그램 제작 및 제공
- ❖ 전문학회/공공기관 계속교육 실시

[친환경/디지털 엔지니어 양성 자격제도 개편]

- ❖ 자격제도 연계 디지털 트레이닝
- ❖ 디지털 연계 자격제도 개편





세부목표 3) 건설산업 경쟁력 확보

건설업무 개편 및 생산성 향상을 통한 부가가치 향상, 해외시장 확보

현황 및 사회적 니즈

- ❖ 글로벌 대비 국내 건설산업의 낮은 생산성 극복 필요
- ❖ CM과 단순시공의 업종분리/분리발주 필요
- ❖ 해외건설 수주 정체



비전

- ❖ 건설산업의 디지털전환 등 기술혁신
- ❖ 건설 신기술 확보 및 기술자 양성
- ❖ 해외 건설 기술 시장 진출
- ❖ 해외 건설 시장 경쟁력 강화/지속화

중점추진사항

[단순시공에서 엔지니어링 & CM으로 전환]

- ❖ 글로벌 대비 국내 건설산업의 낮은 생산성 극복
- ❖ 건설산업의 디지털전환 등 기술혁신

	글로벌 선도 수준	VS.	국내수준
생산성 노동시간당 부가가치	\$ 35.6		\$ 18.7
생산 체계 건설생산의 가치 누수	~5%		~9%
수익성 대표 기업(종업) 수익성	4.9%		0.7%
고부가 역량 세계 설계시장 점유율	30.8%		1.8%
신기술 도입 BIM 도입 수준	Level. 3		Level. 1

[원전, 스마트시티, 대형시설물 해외 시장 확보]

- ❖ 대형 인프라 건설기술 확보 및 기술자 양성
- ❖ 시공 뿐만 아니라 기획/설계/엔지니어링 시장 진출
- ❖ 해외 인프라 수주 확대를 위한 금융, 기술, 외교 등 지원 정책



세부목표 4) 엔지니어 육성을 위한 기술우대 정책

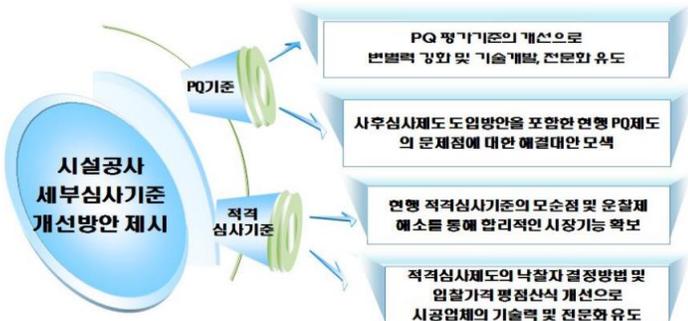
기술/품질중심 건설사업평가제도로 전환 및 생활복지 향상

현황 및 사회적 니즈	비전
<ul style="list-style-type: none"> ❖ 최저가 발주로 인한 부가가치 하락/건설품질 하락 ❖ 건설 기술 경쟁력 강화를 통한 부가가치 향상 필요 ❖ 신기술 도입을 위한 친환경/디지털 엔지니어 자격제도 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 기술력/품질 우선 기술평가/심사제도 정착 ❖ 건설엔지니어 처우 향상을 위한 법제도 개선 ❖ 건설인에 대한 대국민 이미지 혁신 노력 및 이미지 제고

중점추진사항

[제도 개선을 통한 기술/품질중심 평가]

- ❖ 기술중심 사전자격심사제도(PQ) 혁신
- ❖ 순수내역입찰제 활성화



[건설 기술인 처우향상]

- ❖ 기획/설계/건설관리 중심 부가가치 향상 정책
- ❖ 설계/감리 시장 전문자격자 우대정책
- ❖ 생산성/공사기간 중심 엔지니어링 기술력 평가 시스템 구축
- ❖ 3주(부정, 부패, 부실), 3D 탈피

[디지털 엔지니어 자격제도]

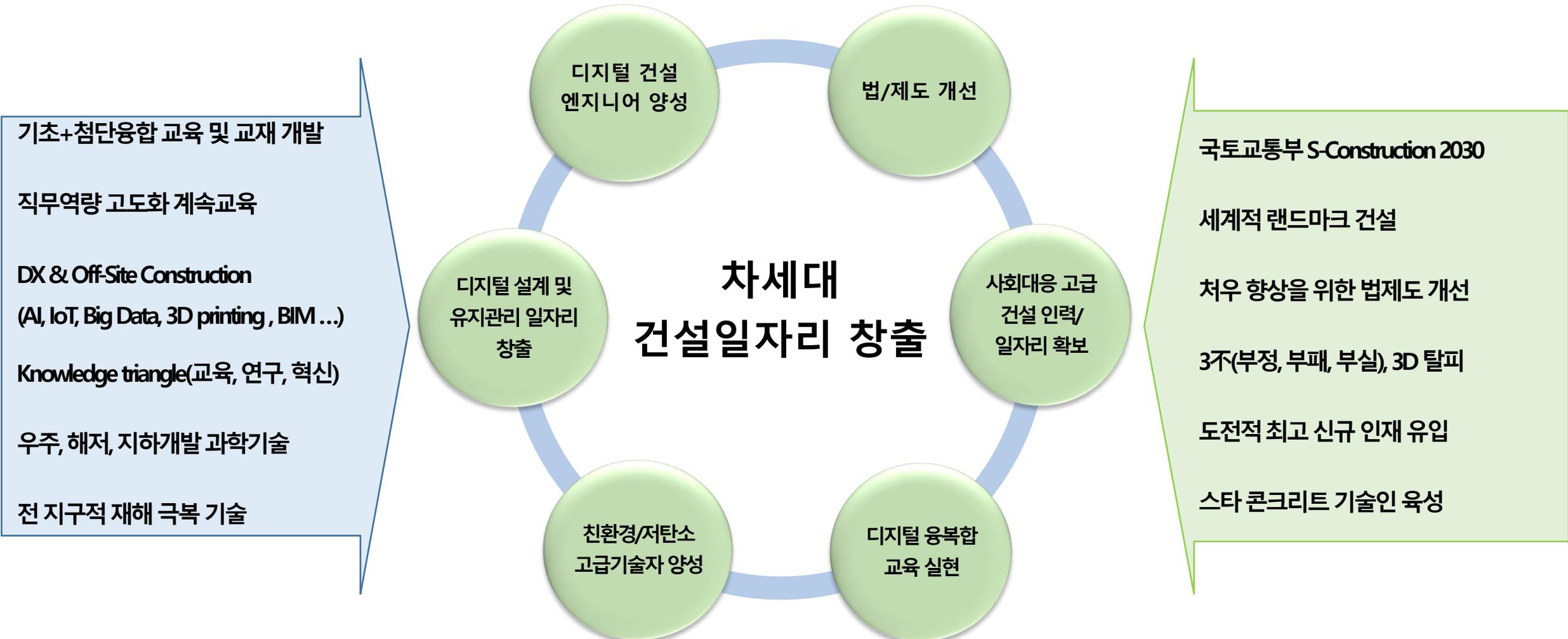
- ❖ 친환경 엔지니어 자격/우대정책
- ❖ 디지털 엔지니어 자격/우대정책

K-디지털 트레이닝 언택트 (Untact)

- AI(인공지능)
- 빅데이터
- 정보보안
- 클라우드 컴퓨팅
- IOT(사물인터넷)
- 핀테크
- 로봇틱스
- AR/VR/XR
- 자율주행기술



Education for Next and Employment for Challenge



7.5 추진전략

차세대 건설 일자리 50% 창출 세부목표 1~2

2030
2040
2050

차세대 신기술 일자리 창출

친환경/저탄소 품질관리
 기술도입/전문 인력 양성

디지털 설계 및 유지관리
 기술도입/엔지니어 육성

친환경/저탄소 품질관리
 일자리 창출

디지털 고급 건설 일자리
 확보

디지털, 친환경 건설인력
경쟁력 고도화/
자생적/창의적 전문가 양성

디지털 융복합 건설 기술교육

디지털 융복합 건설기술
대학교육 개편

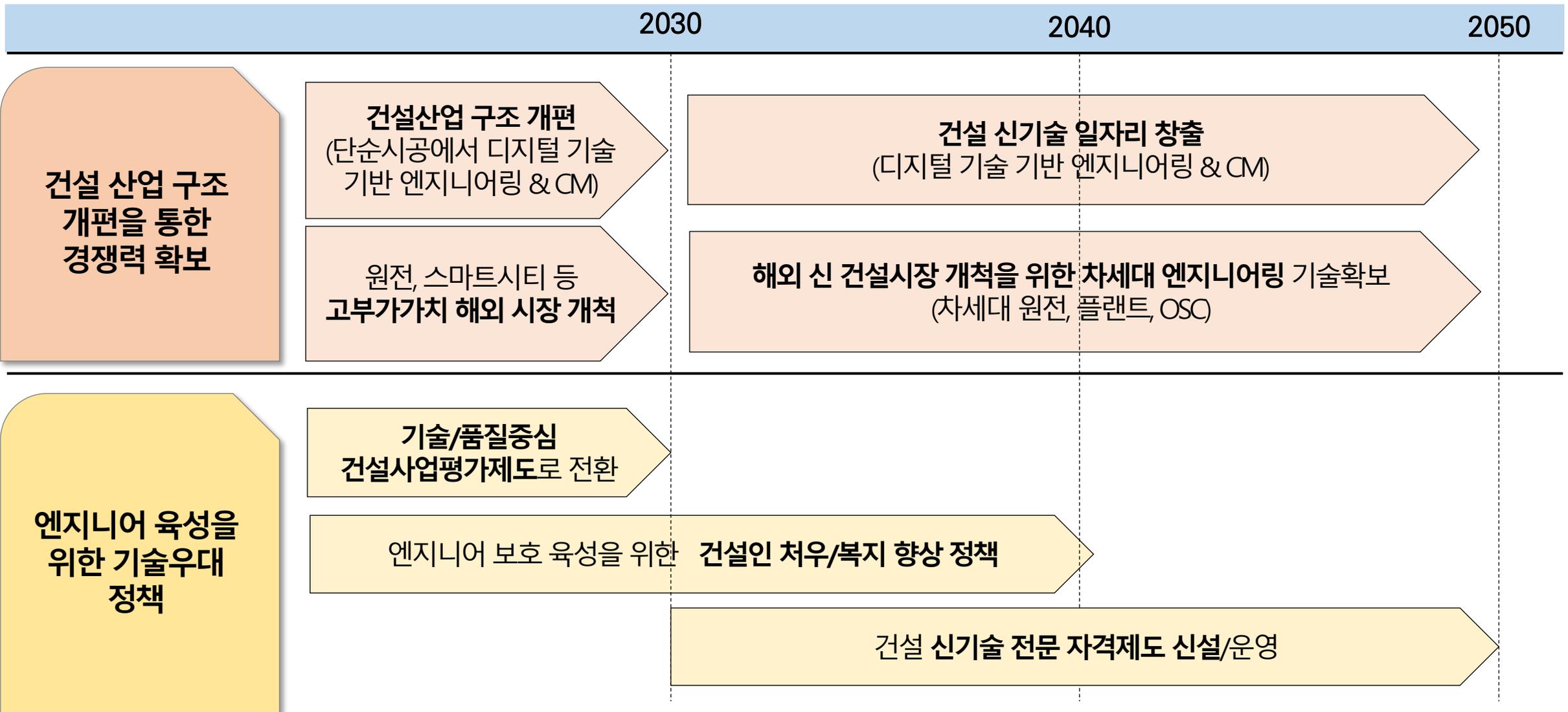
디지털 융복합건설 기술
재교육 시스템 구축

디지털 융복합 건설기술
대학교육 고도화

디지털 융복합 건설 기술
재교육 고도화

차세대 융복합기술을 위
한 건설 교육 고도화

차세대 건설 일자리 50% 창출 세부목표 3~4



2050년까지 차세대 건설 일자리 50% 창출

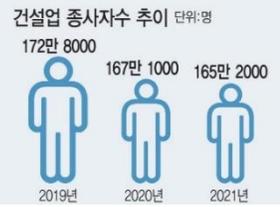
차세대 엔지니어 육성

디지털 융복합 건설 기술교육

건설 산업 경쟁력 확보

엔지니어 육성을 위한 기술우대 정책

현황



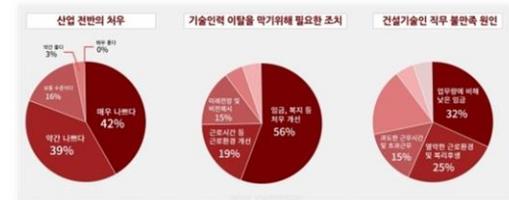
✓ 건설분야 인력난 악화



✓ 단기, 비정기적 교육



✓ 글로벌 대비 낮은 생산성



✓ 건설기능인 낮은 수준의 처우

비전



✓ 친환경/저탄소 일자리 창출



✓ 디지털 건설 대학교육 확대



✓ 디지털전환 등 기술혁신



✓ 기술중심 건설사업평가제도 마련



✓ 디지털 고급 건설 일자리 확보



✓ 자격제도 연계 디지털 트레이닝



✓ 해외 신사업/일자리 확보



✓ 지속적인 법제도 및 대국민 인식 개선

디지털 건설 인력양성을 통한 차세대 건설 일자리 50% 창출

차세대 엔지니어 육성 (세부목표1)	디지털 융복합 건설 기술교육(세부목표2)	건설산업 경쟁력 확보 (세부목표3)	엔지니어 육성을 위한 기술우대 정책(세부목표4)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ DX/친환경/저탄소 연계 고급 건설기술자 양성 및 일자리 창출 ✓ BIM, ICT, AI 및 디지털 설계 및 유지관리 인력 양성 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 디지털 융복합 기술 대학 교육 ✓ 디지털 건설 재교육 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 건설산업을 단순시공에서 엔지니어링, CM 구조로 개편 ✓ 해외시장 개척을 통한 건설 일자리 창출 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 처우 향상을 위한 법제도 개선 ✓ 기술중심 건설사업평가 제도로 전환 ✓ 디지털 엔지니어 자격 제도

기대 및 파급효과

- ✓ 디지털, 친환경 건설인력 경쟁력 고도화
- ✓ 디지털 건설 재교육을 통한 기존 건설인력 일자리 전환
- ✓ 건설 고품질 확보
- ✓ 국제 스탠다드에 맞는 고급건설기술자 양성
- ✓ 건설산업에 대한 대국민 인식 개선
- ✓ 미래 건설 국제 경쟁력 확보
- ✓ 고급인력 선순환을 통한 지속적 건설산업 경쟁력 강화

01 목표 1 : 콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상

02 목표 2 : 200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설

03 목표 3 : 콘크리트와 철근 사용량 20% 감축

04 목표 4 : 콘크리트 탄소배출량 80% 감축

05 목표 5 : 콘크리트 공사 재해율 40% 감축

06 목표 6 : 시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상

07 목표 7 : 건설산업선진화 및 차세대 건설 일자리 50% 창출

08 **중점추진사항과 주요사업요약**

8. 중점추진사항과 주요사업요약

목 표		중점 추진 사항	주요 사업	
01	콘크리트 산업 생산성 2.5배 향상	<ul style="list-style-type: none"> 설계자동화 기술 디지털 로봇생산 기술 기계화 조립식 공법 생산혁신 인프라 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 전공정 BIM 설계 기술 시공/유지관리를 위한 REAL Time BIM 3D 프린터 콘크리트 생산 기술 로봇/드론활용 시공 및 유지관리 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 조립식 PC공법 확대 기계화 시공법 및 가설구조 기술 디지털 생산 및 시공 엔지니어 육성 신공법활용 구조설계/시방 개발
02	200년 수명 고품질 아파트 및 인프라시설 건설	<ul style="list-style-type: none"> 재료 생산품질 확보 기술 품질 관리 시스템 구축 장수명콘크리트 유지관리 기술 장수명구조 설계기술/인증제도 	<ul style="list-style-type: none"> 고내구성 결합재 혼화제 개발 성능기반 배합설계 기술 성능기반 내구성설계 기술 고내구성 보강재 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트재료 등급화, 공급체계 확보 스마트 콘크리트 모니터링 유지관리기술 공간가변형 장수명 공동주택 설계/인증 장수명 인프라 시설 설계/인증
03	콘크리트와 철근 사용량 20% 감축	<ul style="list-style-type: none"> 고강도/고성능 콘크리트 설계시공기술 고강도/고성능 철근 활용 기술 OSC/PSC 활용 재료사용감축 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 고강도/고성능 콘크리트 및 철근 개발 고밀도 경량화 설계 고성능 복합화 구조설계 	<ul style="list-style-type: none"> 경량 조립식공법 PSC 경량 바닥구조
04	콘크리트 탄소배출량 80% 감축	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 기술 개발 로드맵 시멘트단계 탄소배출 경감 기술 콘크리트단계 탄소배출 경감 기술 구조물단계 탄소배출 경감 기술 탄소중립 표준/기준 제정 	<ul style="list-style-type: none"> 킬른 공정효율 개선, 대체연료 탄소포집 기술 CCUS 대체 결합재, 크링커 원료 대체 혼합시멘트 콘크리트 배합 개선, 내구성 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> 구조최적화, 구조요소 재사용 고강도 콘크리트 및 철근 사용 KS 표준, 그린 건설기준 및 시방서
05	콘크리트 공사 재해율 40% 감축	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 안전관리 시스템 현장인력감축 조립형 자동화 시공법 디지털 안전기술자 양성, 제도 	<ul style="list-style-type: none"> 원격 비대면 감리 기술 실시간 지능형 안전관리 기술 소규모건축을 위한 적정관리 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 노동감축형 시공기술 건설 자동화 및 로봇기술 디지털 건설 기술 기준 법제화
06	시설물 방재능력 및 사용자 만족도 향상	<ul style="list-style-type: none"> 민간 시설물 내진율 향상 자연재해대비 시설물 방재성능 향상 층간소음저감/장수명 주택 기술 노후시설모니터링/리모델링 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 내진율 향상 로드맵 재개발/재건축/리모델링 활성화 정책 실시간 안전진단 모니터링 시스템 기후변화대비 방재설계 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 지역분쟁대비 민간 방호시설 구축 층간소음 저감 재료/바닥구조설계 기술 경제적 리모델링/증축 기술
07	건설산업선진화 및 차세대건설일자리 50% 창출	<ul style="list-style-type: none"> 차세대 엔지니어 일자리 창출 디지털 융복합 건설기술 교육 건설산업 경쟁력 확보 엔지니어 육성 위한 기술우대 정책 	<ul style="list-style-type: none"> 친환경/디지털/AI 전문인력 일자리 창출 디지털 융복합 대학교육/계속교육 건설 생산성 향상을 위한 건설 업종 개편 해외 대형 인프라/플랜트 시장 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 해외설계/엔지니어링 시장 진출 디지털/친환경 엔지니어 자격제도 신설 기술중심 건설사업평가제도 전문자격자 우대제도

Concrete Vision 2050

Part III - 한국콘크리트학회의 역할

2024. 2. 7.

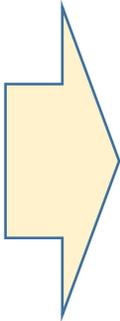
콘크리트 비전 2050 위원회

1. 학회 비전 및 역할

스마트 그린 안전 사회 구현

학회 비전 및 역할

- **국민안전과 생활향상**에 기여하는 콘크리트 산업 육성
- **탄소중립, 품질확보** 등 기술적 현안 해결
- **미래산업**에 부응하는 건설산업 혁신 (생산성, 경쟁력)
- 콘크리트 산업내의 **이해 관계 조율** (비용, 사업영역)
- **공동의 비전과 목표**를 통한 협력 (win-win 전략제시)
- 콘크리트관련 학술기관인 **학회의 중심역할**



- **전문연구위원회활동**
미래 기술
산학협력 연구수행

- **센타설립 운영**
중점 기술분야
디지털기술, 탄소중립

- **관학협 협의체 운영**
공동목표 달성로드맵
이해관계 조율

차세대 건설 산업발전을 위한 한국콘크리트학회의 사업 및 활동

센터 설립

- ❖ **디지털 건설 기술 교육 센터**
 - 디지털 대학교육 프로그램 개발 및 보급
 - 재교육 프로그램 개발 및 보급, 산업체 위탁 교육
- ❖ **차세대 건설재료 및 콘크리트 연구개발센터**
 - 친환경 콘크리트, 무시멘트 콘크리트 재료 개발
 - 표준 및 설계기준 개발
 - FRP 등 철근대체 보강재 개발, 설계기준 개발
- ❖ **콘크리트 품질 교육센터**
 - 콘크리트 재료품질, 친환경기술, 디지털 선발시험 확대
 - 콘크리트기사 등 관련 전문 기술 자격제도 개발
 - 실무프로그램 개발, 산업체 위탁교육, 계속교육 확대

협의체 활성화

- ❖ **산학 협의체 (건설사, 설계사)**
 - 엔지니어 설계/시방/상세 교육, 스마트기술 재교육
 - 콘크리트 기사 배치, 콘크리트 품질교육
- ❖ **콘크리트 산업 협의체 (시멘트, 레미콘, 골재)**
 - 차세대 콘크리트 표준, 골재 표준 및 수급제도
 - 합리적 콘크리트 공급 및 가격제도
- ❖ **관학연 협의체 (정부, 공사, 국책연)**
 - 탄소중립 로드맵
 - 차세대 설계기준, 표준, 시방서 개발(친환경, 내구성 등)
 - 기존구조물 평가, 리모델링 표준, 기준 개발
 - 콘크리트 기사 배치 법제화

위원회 활동 및 산학협력 연구 (기술 및 표준 개발/보급)

조립식 PC 및 OSC 기술, 스마트 유지관리 기술, 장수명 아파트, 고강도 보강재, 원전 안전성, 스마트시티

3. 연구/교육 센터

디지털 건설 기술교육 센터

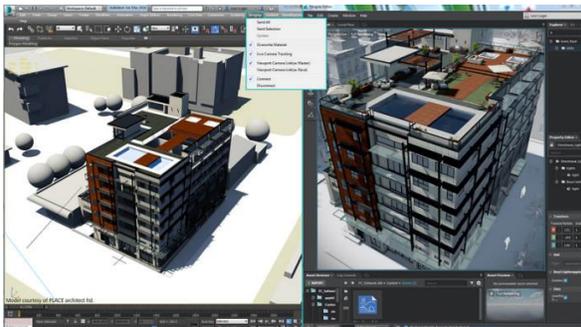
❖ 기준 / 지방서 실무 재교육 프로그램 개발 및 보급

- 구조기준 및 지방서 교육자료 개발
- 교육 프로그램 개최, 산업체 위탁 교육

❖ 대학 및 산업체 디지털 건설교육 프로그램 공동 개발 및 보급

- BIM 도면작성, ICT 활용 소프트웨어 기술교육
- 관련 기술에 대한 기초교육
- 관련 전문가 강사 초빙
- 각 학교 및 산업체와 연계하여 동영상 강좌 개설
- 철근콘크리트 공사/감리 활동에 관한 디지털 기술적용 교육

❖ 융합기술 발굴 / 지원 업무 및 학회 관련지침 개발



교육프로그램/사업화(2024~26년)

- 콘크리트 산업계 디지털화 융복합 기술 관련 **교육 프로그램 수요조사**(2024년)
- **디지털화 융복합 기술교육 프로그램(산업계)**, **교육 과정/교과목(대학) 개발**(2024~2025년)
- 국토부, 유관학회/협회 공동으로 대학내 디지털화 기술과정 **계약학과 개설 및 운영**(2026년~)
- **디지털 콘크리트 생산 및 시공기술 정보확산** 콘크리트 학회지에 국내외 사례 소개 세션 마련(2024년~)



3. 연구/교육 센터

차세대건설재료 및 콘크리트 연구개발센터

❖ 친환경 콘크리트, 무시멘트 콘크리트 재료 개발

- 친환경 시멘트 사용 콘크리트 실용화 기술 개발
- 친환경 콘크리트 제조 및 시공기술 실용화 로드맵
- 저온(상온) 경화성능, 경제성 확보 기술

❖ FRP 보강재 및 설계기준 개발

❖ 친환경 콘크리트(그린) 설계기준 개발

- 탄소배출 산정 기준 개발
- 친환경 콘크리트를 위한 재료 및 구조 설계기준 개발

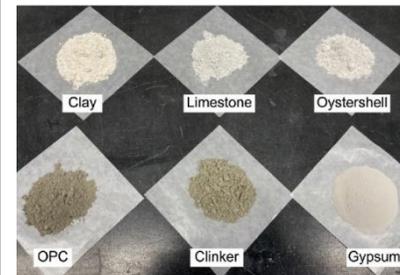
❖ 차세대 구조설계 기술

- 노출 수준 고려 성능기반 내구성 설계기술 개발
- 지진취약 건축물 내진보강공법 표준화 및 기술 인증
- 장수명 아파트 리모델링 기술 개발

❖ 관련 학회 연구위원회, 기준 및 시방서위원회와 협업

연구개발 사업화(2024~26년)

- 콘크리트 구조물 성능기반 내구성 설계 및 시공기준 개발 연구
- 고내구성 저탄소 콘크리트 기술 개발
- IoT 기반 스마트 콘크리트 품질 모니터링 및 예측기술 개발
- AI 및 로봇 기술을 이용한 콘크리트 구조물의 스마트 유지관리 기술 개발 사업
- 고내구성 FRP 보강 콘크리트 복합체 개발
- 장수명 아파트 리모델링 기술 개발 등



Limestone
 Calcined
 Clay
 Cement **LC³**

콘크리트 품질교육센터

❖ 실무교육프로그램 개발, 산업체 위탁교육, 계속교육 확대

- 콘크리트 재료 품질, 친환경 기술, 내구성 품질
- 건설사 및 엔지니어사 실무교육, 재교육

❖ 콘크리트 품질관리 엔지니어 자격제도 개발/보급

- 콘크리트 기사 자격과 연계, 품질관리 시험 확대
- 콘크리트 기사의 현장 배치 제도화

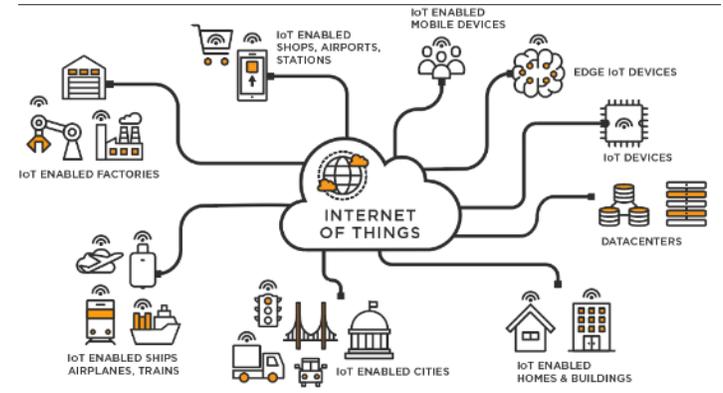
❖ KCI 품질 인증 프로그램 개발

- 품질교육 표준화
- 기술자 품질교육 인증



교육프로그램/사업화(2024~26년)

- 콘크리트 생산/시공 기능 및 기술인력 **맞춤형 품질관리 교육 프로그램/매뉴얼 개발** (2024~2025년)
- 건설사/레미콘사와 콘크리트 품질관련 **합동 교육 프로그램 개발 및 운용**(2024년~)



IoT 기반 품질 관리 기술 개발

협의체 세부 사업

산학 협의체

❖ 건설사/기술사

- 엔지니어 재교육, 콘크리트 품질교육, 스마트 기술 재교육
- 콘크리트 기사 배치
- 정례 회의를 통한 애로사항 논의 및 동향 공유

❖ 단기사업화

- 학회내 건설사 및 엔지니어링사 **공동 콘크리트 기술교육원 개설(2024)**
- 교육프로그램 수요조사(2024), **사내/대학 내 공동 교육과정 개발(2025)**
- 사내/대학 내 공동 교육프로그램 개설 및 수료생 인증서, 우수학생 취업 인센티브 제공(2026~)

콘크리트 산업 협의체

❖ 시멘트, 레미콘, 골재

- 차세대 콘크리트 표준, 골재표준 및 수급제도
- 합리적 콘크리트 공급 및 가격제도



❖ 협의체 연계 추진

- KS와 콘크리트 표준시방서의 콘크리트 및 콘크리트재료 규격의 일원화 및 부합화 추진
- 콘크리트 및 콘크리트 구성재료의 가격동향 모니터링 및 중장기 수급계획 제안
- 각종 제도 개선방안 의견 수렴 및 제안

관학연 협의체

❖ 정부, 공사, 국책연

- 탄소중립 로드맵
- 차세대 설계기준, 표준, 시방서 개발: 친환경, 내구성 등
- **기존구조물 평가, 리모델링 표준/기준 개발**
- 원전, 스마트시티 등 국가 건설 경쟁력 확보 전략 수립 및 고도화
- **기술중심 발주 및 평가제도**
- **디지털 관리/감리 기술 현장적용을 위한 법제도 연구**



❖ 단기사업화

- **기술 교류회 구성 및 운영(2024~)**: 국토교통부 기준정책과, 건설안전과, 국가건설기준센터, 건설산업연구원, 대한건설정책연구원 등

5. 사업 추진계획

센터 및 협의체 설립 - 로드맵

Carbon capture and storage



차세대 건설재료 및 콘크리트 연구개발센터



디지털 건설기술교육 센터



콘크리트 품질교육센터

관학연 협의체

(정부, 공사, 국책연)

건설산업 경쟁력 강화

산학 협의체

(건설사)

콘크리트 산업

협의체

(시멘트, 레미콘, 골재)

2024년 상반기

센터/협의체 추진

- 특별위원회 회의 정례화
- 센터 추진위 구성: 학회 내(3월경)
- 협의체 추진위 구성: 대외(4월경)
- 추진로드맵 설정
- 학회 관련 위원회 업무 연계 방안 제시

2024년 하반기

센터 사업

- 학회내 센터 설립: 2개
- 센터 사업계획 수립
- 학회 관련 위원회 업무 연계 및 사업화
- 학술대회 기간 중 추진상황 보고

협의체 사업

- 협의체 발족식: 1개
- 협의체 사업계획 수립
- 학회 관련 위원회 업무 연계 및 사업화
- 협의체별 포럼 개최 및 정례화

2025~2026년

센터 사업

- 학회내 센터 설립 완료: 4개
- 학술대회 특별세션 운영 및 성과발표회: 년 2회
- 학회지침 등 출판
- 대형 정부과제 추진: 관련 협의체와 연계

협의체 사업

- 협의체 발족식: 3개 완료
- 협의체별 포럼 개최: 연 1회
- 협의체별 기술교육: 연 2회
- 정책 및 법제화 지원
- 건설산업 현안 협의/백서 작성
- 규격/표준 수립

[한국콘크리트학회 \(www.kci.or.kr\)](http://www.kci.or.kr)